creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

공학석사 학위논문

파레토 기법을 활용한 실시간 서열시스템에 관한 연구

2013년 7월

부경대학교 대학원

기술경영(MOT)협동과정

배 준 희

공학석사 학위논문

파레토 기법을 활용한 실시간 서열시스템에 관한 연구

지도교수 옥 영 석

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함

2013년 7월

부경대학교 대학원

기술경영(MOT)협동과정

배 준 희

배준희의 공학석사 학위논문을 인준함

2013년 07월 26일

주심 공학박사 고 시 근 인

위원 공학박사 김 병 수 인

위원 공학박사 옥 영 석 인

<차례>

그림차례 ····· ii
표차례 ····· iv
Abstract ····· vi
I. 서론 ····· 1
1.1 연구배경 및 목적 ····· 2
1.2 연구내용 및 구성 ····· 3
II. 관련연구 ····· 4
2.1 파레토 법칙 ····· 4
2.2 공급사슬관리 ····· 5
2.3 서열생산시스템 ····· 7
2.4 품질관리 ····· 10
III. 문제정의 ····· 12
IV. 시스템구축 ····· 16
4.1 시스템 구성 ····· 16
4.1.1 시스템 환경 ····· 16
4.1.2 시스템 구조 ····· 16
4.2 활동시간 분석 ····· 17
4.3 시스템 요구사항 ····· 20
4.4 구축내용 ····· 23
4.4.1 실시간 서열관리 ····· 24
4.4.2 품질정보관리 ····· 44
V. 결론 및 향후과제 ····· 52
참고문헌 ····· 53

<그림 차례>

<그림 1> 자동업계 현황 ····· 12
<그림 2> 하드웨어 구성도 ····· 16
<그림 3> 소프트웨어 구성도 ····· 17
<그림 4> 구축 범위 ····· 23
<그림 5> 서열시스템 흐름 ····· 24
<그림 6> 서열시스템 세부 시간 흐름 ····· 25
<그림 7> 파레토 기법을 적용한 오더 평준화 ····· 26
<그림 8> 생산 계획 수신 ····· 29
<그림 9> 부품 서열 집계표 ····· 31
<그림 10> 생산 계획 운영 ····· 32
<그림 11> 서열정보 생성 ····· 33
<그림 12> 집계시간 설정 ····· 33
<그림 13> (-)관리 ····· 34
<그림 14> 관리 사양 편집 ····· 36
<그림 15> 확정 구분 설정 ····· 38
<그림 16> PAINT IN 정보 조회 ····· 39
<그림 17> 부품서열 집계표(종합) ····· 40
<그림 18> 관리 사양 관리 ····· 41
<그림 19> 2시간 작업지시서 ····· 42
<그림 20> 4시간 작업지시서 ····· 43
<그림 21> TRIM IN 정보조회 ····· 44
<그림 22> 라인 구성도 ····· 45
<그림 23> 프로그램 구동 원리 ····· 47
<그림 24> RF TAG 부착위치 ····· 48

<그림 25> RF TAG / ANTENNA 설치 ····· 49
<그림 26> 지그 로드 설치 화면 ····· 51
<그림 27> 상차 화면 ····· 52

<표 차례>

<표 1> 문제정의 ····· 13
<표 2> 활동시간 분석 ····· 19
<표 3> 공통 요구사항 ····· 21
<표 4> 라인별 요구사항 ····· 22
<표 5> 공정별 READ TIME ····· 28
<표 6> RF ANTENNA ····· 46
<표 7> RF TAG ····· 46
<표 8> RF TAG 정보 ····· 50

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

Research on real-time sequence system using the Pareto technique

Jun-HeeBae

Interdisciplinary Program of Management of Technology, Graduate School
Pukyong National University

Abstract

For zero inventory and mixed assembly production , JIT (Just In Time) production system in Toyota and JIS (Just-In-Sequence) production system in Hyundai motor co. have been proposed. Even though the production systems are popular in automobile production area, many subcontract companies producing part-modules for final production at a parent company suffers from excessive or shortage amount of inventory due to the time gap of production and delivery to the parent company. In this study, we propose an efficient realtime assembly sequence system applying a well-known Pareto method using Paint-In information in painting process and daily production planning information. Based on this system, a production line can estimate the shortage amount of UPH(Units Per Hour) at production line and recovers the amount before operating assembly production in the line. The proposed system provides an efficiency on productivity compared with the previous system.

I. 서론

2000년대 말 전후로 세계자동차산업은 만성적인 과잉생산과 수요침체로 전반적인 위기에 봉착하게 된다. 이에 따라 자동차업체들은 세계화(Globalization)를 통해 전 지구적인 자동차회사 통폐합을 이뤄 자동차 공급자 수를 줄이는 한편 중국과 인도 등과 같은 신흥시장으로의 진출을 확대해 갔다. 이와 함께 기존의 소품종 대량 생산방식으로는 자동차 산업에 닥친 위기를 극복할 수 없음을 인식한 자동차업체들은 수요변화에 민감하고 선택의 폭을 다양화하여 수요를 이끌어내는 유연생산체제를 적극적으로 도입하게 된다. 다품종 소량생산을 위한 유연생산체제의 확립은 소비자의 다양한 수요, 소비자 지향적 공급체제를 갖추는 것을 의미하는 것으로 모듈화와 플랫폼 통합 그리고 자동화가 물적 토대를 구성한다. 생산방식의 변화를 담고 있는 이러한 변화는 생산의 기술체제, 작업장의 구성, 노사관계, 부품업체와의 분업관계의 전반적인 재편으로 반영된다. 특히, 시장변화에 유연하게 대응할 수 있는 능력을 높이기 위해서는 재고를 획기적으로 줄이고 필요한 부품을 적기에 공급하는 부품공급 시스템이 절대적으로 요구된다. 자동차 생산 공정을 살펴보면, 프레스공장에서 만들어낸 패널들은 차체공장에서 용접, 조립되어 차체(White Body)를 구성하게 되며, 도장(Paint Shop) 공정에서 차체의 도금과 도색 작업을 수행함으로써 최종 차체가 만들어지며, 최종조립(Final Assembly) 공정은 최종적으로 조립작업 수행을 통하여 자동차를 완성시키는 공정이다. 본 논문은 이러한 생산현장의 요구에 대응하여 원활한 부품공급을 할 수 있는 실시간 서열시스템을 어떻게 구축할 것인가에 대

한 방안을 제시하고자 한다.

1.1 연구배경 및 목적

도요타 자동차의 생산방식은 완성차 조립라인에서 모든 부품을 조립하는 방식을 가지고 있다. 이동식 컨베이어를 따라 작업자들이 일렬로 늘어서 조립하는 과정에서 한명의 작업자가 작업하는 공간, 즉 한 피치(Pitch)는 약 5.5m(평균적인 수치, 차종에 따라 간격이 다를 수도 있음)로 구성되어있고 그 한 피치에서 작업자는 자신이 담당하는 파트를 조립하게 된다. 그래서 고안한 방식이 한 피치에 올라올 수 있는 적절한 량인 평균 2시간 분량을 올려놓고, 부품 협력업체에서는 부품을 적절한 시간 분량씩 납품함으로써 생산라인이 부품 공급으로 인한 시간의 낭비가 없도록 한 것이 도요타의 JIT(Just In Time)라고 할 수 있다(Sipper and Bulfin, 1997). 이는 90년대 저비용 생산방식과 함께 획기적인 생산방식으로 세계에 알려졌지만 2000년대 이후에는 개성있는 소비자들의 다양한 제품요구를 반영한 이른바 “다품종 소량생산”체제로 전환하면서 적절한 시간 분배 및 즉각적인 대응을 하기가 어려워진다는 단점이 나타나기 시작했다. 이에 완성차 조립라인은 최초 모든 부품을 조립하는 방식에서 운전석, 프론트 엔드, 섀시 등 각 파트를 모듈화하고, 그 모듈을 조립하는 방식으로 바뀌었다. 그렇게 바뀌면서 생겨난 개념이 JIS(Just In Sequence) 시스템이라고 할 수 있다(정명기, 2007). 완성차 조립라인에서 생산계획을 내리고 차량의 생산을 시작할 때, 그 생산계획에 맞는 모듈이 순서에 맞게 들어가야만 소비자가 원하는 사양의 차량을 만들어 낼 수 있다. 그렇기 때문에 “순서”에 대한 개념이 굉장히 중요시되었고, 그것을 바탕으로 JIS시스템이 생겨났다. 이를 통해 자동차업계에서는 부품의 모듈화가 가속화되었고 이에 대응

할 수 있는 “순서”에 입각한 서열시스템이 요구되어졌다. 본 논문에서는 모듈생산 체제하의 서열시스템에 파레토 기법을 접목하여 실시간 서열을 제공함으로써 제품 생산에 대한 부하의 평준화를 이루고 원활한 부품공급 체계를 구축 및 생산현장의 품질정보를 실시간으로 수집할 수 있는 시스템을 연구하고자 한다.

1.2 연구내용 및 구성

본 논문은 자동차 시트생산 부문의 효율적인 생산서열 시스템을 제안하고자 한다. 이를 위해 생산 제조분야에서 잘 알려진 파레토 기법 또는 80 대 20 법칙을 기반으로 한 자동차 시트 조립라인의 생산 실행 계획을 생성하는 실시간 서열 시스템을 구축하고자 한다. 제안된 실시간 서열 시스템은 크게 두 부분으로 구성된다. 첫째, RF(Radio Frequency)를 활용하여 도장공정의 진입시점 정보를 제공하는 PAINT-IN을 수신하고 부품서열 집계표와 파레토 기법을 적용하여 제품 생산에 대한 부하의 평준화, 시간차 결품을 최소화한 실시간 서열시스템에 대하여 살펴본다. 둘째 RF와 실시간 서열정보를 활용하여 생산현장의 실시간 품질정보를 어떻게 수집하는가에 대하여 살펴본다.

논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 관련연구에 대하여 언급하고 III장에서는 모듈생산체제하의 부품조달에 따른 문제점에 대해 정의한다. IV장에서는 PAINT-IN 정보와 서열 집계표, 파레토 기법을 적용한 실시간 서열시스템 구축에 대하여 설명하고, 마지막으로 V장에서는 결론 및 과제에 대한 향후 발전방향에 대해 기술한다.

II. 관련연구

본 논문의 관련연구는 4가지의 그룹으로 나누어 조사하였다. 첫째, 논문의 핵심 부분인 실시간 서열시스템 엔진 부분에 적용된 파레토 기법에 대한 관련 연구를 조사하였다. 둘째, 협력업체와 모기업간의 실시간 협업체계에 관한 공급사슬측면의 관련 연구들에 대해 조사하였다. 셋째, 서열 생산 시스템에 대한 대표적인 시스템 구축 및 연구 사례들에 대해 조사하였고, 마지막으로 본 논문과 관련된 제조 산업에서의 품질정보시스템에 대한 연구 중 대표적인 사례들에 대해 조사하였다.

2.1 파레토 기법

파레토 기법 또는 80 대 20법칙은 전체의 결과의 80%가 전체 원인의 20%에서 일어나는 현상을 가리킨다. 대개 이러한 활동은 상대적으로 적은 수의 요인에 기인한다는 파레토 기법으로 1906년 이탈리아 경제학자이자 사회학자인 Vilfredo Pareto의 이름을 따서 붙여졌다. 그는 이탈리아의 토지의 80%가 전체 인구의 20%가 소유하고 있다는 통계적 결과를 발견한 후, 그의 농장에서 20%의 콩깍지에서 80%의 콩을 수확하는 사실에 기인하여 80 대 20 법칙을 탄생시켰다 (Koch, 2001).

지금까지 파레토 기법은 경영학, 공학, 수학 등의 다양한 분야에서 경험적인 법칙(Rule of thumb)으로 응용되어 왔다. 특히, 생산제조시스템 내의 생산 제품의 품질관리 및 물류관리 분야에 주로 응용되어 왔다. 품질관리 분야에서는 불량빈도를 순차적으로 나열한 파레토 차트를 이용하여 80 대

20 법칙을 적용함으로써 품질을 집중적으로 관리하는 방법으로 전사적 품질 관리 및 Six-sigma에서의 중요한 기법으로 사용되고 있다 (Sipper and Bulfin, 1997). 또한 조달물류 및 창고관리에서는 파레토 기법을 응용한 형태인 ABC분석을 이용하여 최적 조달물량 혹은 재고물량, 조달 혹은 재고회전율을 결정하는데 핵심적인 아이디어를 제공해 주고 있다 (Heskett, 1963, 1964; Harmatuck, 1976; Kalllina and Lynn, 1976; Malmborg and Bhaskaran, 1987, 1989, 1990). 근본적으로 ABC분석은 물류의 이동이 빈번한 품목들을 입/출고 근접거리에 배치시켜 집중 관리함으로써 입/출고 물류부하를 평준화하여 다이나믹한 소비자 수요의 대응도를 높이는 것이 적용의 주된 목적이다.

2.2 공급사슬관리(SCM:Supply Chain Management)

아래의 연구들은 본 논문과 관련된 제조 산업에서의 물류시스템에 대한 연구 중 대표적인 사례들이다. 박창권, 한상덕(2003)은 완성차업체의 신차에 적용할 FEM(Front End Module) 공급시스템을 대상으로 시뮬레이션 기법을 적용하여 계획 단계에서 직서열 공급시스템 적용 가능성을 검토하여 입증하였다. 아울러 모듈 운반차량의 적정 소요 대수 및 모듈 운반용 캐리어 운영 대수를 산정하고 FEM 조립 시작시점 지연에 따른 라인사이드 재고수준 절감 방안으로 물류비용을 절감할 수 있는 FEM 직서열 공급시스템의 적정 운영 방안을 제시하였다. 하지만, 공급회사 측면에서 모든 부품을 라인사이드 재고에 적재되어 있어야 한다는 현실적 제약사항이 존재한다. 한편, 윤소영(2007)은 물류정보시스템에 도입된 RFID시스템이 물류흐름에 미치는 영향 및 성공적인 시스템 도입방

안을 RFID 시스템 도입 기업의 성공사례 연구를 통해 도출하여 RFID시스템을 도입하고자 하는 기업들에게 도입방안을 제시하였다. 하지만 위의 연구는 당시 국내. 외 RFID시스템 도입이 활발하지 않아 실증분석에 한계가 있었다. 이준수 등(2005)은 완성자 업체의 공정별 투입순위, 제작사양서를 자동으로 해석하여 3일 생산 계획을 월간 생산계획에 맞게 수립하였고 3일 생산 계획이 수립됨과 동시에 3일간의 자재 소요량이 자동으로 산정되고 그 정보가 웹을 통하여 협력업체들에게 실시간으로 공개가 가능하게 하였다. 하지만, 제시된 연구는 완성차 업체의 서열변경에 따른 생산계획의 변경과 완성차 업체의 라인사이드 재고에 큰 비중을 두지는 않았다. 김영기(2006)는 도요타의 JIT 시스템과 현대차의 공급사슬관리 사례에서 RFID 기술이 효과적으로 사용될 수 있음을 제시하였지만 실제 현장에서 적용하여 검증을 하지 못했다는 한계가 있었다. 문태수 등(2009)은 자동차부품산업을 대상으로 RFID를 이용하여 기존의 SCM 환경을 유비쿼터스 환경으로 전환하는 U-SCM 시스템으로 개선하였으며 영업관리와 생산관리업무에 RFID 도입을 통해 완제품 입고 및 재고관리, 출고관리가 이루어지게 함으로써 제품 수불관리 및 반품관리의 신속한 처리가 가능하게 하였다.

2.3 서열생산시스템

아래의 연구들은 본 논문과 관련된 자동차 산업에서의 서열 생산 시스템에 대한 연구 중 대표적인 사례들이다. 김경훈 등(2002)은 자동차 최종 조립라인에 대한 공정계획에서의 협업을 달성하기 위한 Web 기반 공정 계획시스템을 제공하여 다수의 공정설계자가 협력하여 공정, 작업

을 작성, 배치하고 부하율 등 작업 결과와 관련된 정보들을 통합적으로 관리 할 수 있도록 제시하였다. 하지만, 협업의 대상이 조립공장 내에 국한되어 거시적 측면의 협업에는 부족한 부분이 있다. 명세현과 이장원(2002)은 신차 개발기간 단축을 꾀할 수 있는 3D PLM(Product Lifecycle Management) 개념과 디지털 생산에 대해 제시하였고, 고후상과 이교일(2004)은 자동차 조립공장을 대상으로 신차 개발 시 수행되는 생산준비 업무들에 대하여 디지털 생산기술을 적용하는 생산 흐름 분석을 위한 통합 정보관리 시스템을 제시하였다. 신동목 등(2000)은 자동차 금형 가공공장을 대상으로 개발된 변형적인 형태의 공정계획 시스템에 대하여 설명하였다. 금형들을 프레스 공정별로 나눌 경우, 성형부위를 제외하면 차종 및 판넬에 무관하게 나머지 구조 가공 부분이 유사함에 착안하여 금형을 세트별로 분류하였다. 금형을 구성하는 대형 부품 단위로 총 15가지 부품으로 구별하였고 이를 토대로 공정계획시스템을 구축하여 각 단위공정 단위로 가공시간을 예측하는 기능을 구현하여 제시하였다. 하영훈(2003)은 빠른 시간에 각각의 차량 생산 공장의 특성을 고려한 시퀀스를 수립하여 생산계획 단계에서부터 실제 완성차가 나올 때까지 차량 생산흐름을 예측할 수 있고, 시스템 운영자가 다양한 조건으로 상황에 맞게 시퀀스를 수립할 수 있도록 제약만족기법을 이용한 ILOG Solver를 사용한 최적 시퀀스 모듈을 제시하였다. 장중순 등(2004)은 완성차의 포디즘에 기반을 둔 대량생산 방식에 매우 가까우면서 조금은 린 생산방식으로 쏠려 있는 생산방식을 셀 생산방식으로 제안하여 컨베이어 생산시스템에 접목시키는 것을 제시하였다. 이청호와 이경호(2004)는 토요타 생산시스템의 이전 문제에 초점을 맞춰 토요타 생산시스템을 효과적으로 이전시키기 위해서는 어떠한 조건이 필요한지를 한일기업의 사례연구를 통해 제시하였다. Kim *et al.*(1996)은 여러 옵션을 갖

는 제품의 순서 변환을 통한 그룹화 알고리즘을 자동차 도장 공장에 적용하여 같은 색상을 가진 차체를 효율적으로 그룹화하여 색상변환에 따른 비용발생과 품질 저하를 막을 수 있는 시스템을 제안하였다. 또한 자동차 전 공장의 특성을 고려하여 시퀀스를 수립하는 통합시스템에 대한 최적화가 필요함을 언급하였다. Park *et al.*(1996)은 도장공장의 상도 공정에서 색상변경 비용을 줄일 수 있도록 저장창고에서의 차체의 인입, 저장, 인출을 실시간에 제어하는 Color Selection 시스템을 자동화하여 성공적으로 운영하고 있는 사례를 소개하였다. Choi *et al.* (1996)은 도장공장에서 생산 완료된 순서는 혼류생산의 평준화 생산에 적합하지 않은 상태이므로 조립라인에의 투입순서를 실시간으로 재작성하여 운영하기 위한 알고리즘을 개발하고 사례를 소개하였다. Choi (1996)는 자동차공장 전체의 생산성을 높이기 위해 각 라인의 효율이 극대화 되도록 후행라인의 생산계획에 따라 선행라인의 생산계획을 맞추는 고객-공급자 개념을 도입하여 일일 생산 시퀀스 결정방법을 제시하였다. Warwick *et al.*(1995)은 제약만족기법의 정의와 자동차 서열 문제에 대해 자세히 정리하고, 제약만족기법과 유전자 알고리즘을 사용하여 제약을 어기는 위배비용을 최소화하는 방법으로 자동차 서열 문제를 해결하였다. Bergen *et al.*(2001)은 조립공장을 대상으로 약1개월 분량인 36,000대의 자동차 생산 시퀀스를 결정하기 위해 세가지 종류의 제약식(hard constraint, soft constraint, change over constraint)을 고려하여 제약만족 기법으로 최적화 문제로 모델링하고 문제크기를 하루 분량으로 나누어 분기한정법(branch and bound)으로 최적해를 도출하였다.

2.4 품질 관리

아래의 연구들은 본 논문과 관련된 제조 산업에서의 품질정보시스템에 대한 연구 중 대표적인 사례들이다. 남상엽(2006)은 RFID를 이용한 생산 작업관리 시스템 구현에 있어서 RFID Card를 이용 생산계획 및 작업지시서 작업 공정시간 등의 모든 데이터를 실시간으로 수집 및 집계하여 라인별 공정별 생산현황정보를 자동으로 분석 조회할 수 있는 솔루션을 구축하였다. 기존의 생산관리시스템에서는 측정하기 어려웠던 생산관계시간들을 정확히 산출하며 ERP(Enterprise Resource Planning), SCM 등의 솔루션과 접목이 가능한 최적의 시스템을 제시하였다. 황남성(2008)은 부영섬유를 실무사례로 적용하여 RFID 태그를 부착하여 제품을 생산하는데 걸리는 시간과 RFID 태그 없이 제품을 생산하는 방식을 비교하여 생산성을 비교분석하였다. 연구의 분석 결과 RFID 태그를 부착한 경우에 약 50%의 생산성이 향상되었다. 이재경(2011)은 생산설비로부터 상태 정보를 추출하기 위하여 CNC 등 외부 접점이 제공되는 설비 상태정보를 수집하는 PLC(Programmable Logic Controller) 기반 인터페이스와 외부 접점이 제공되지 않는 생산설비 모니터링에 사용되는 센서기반 I/O 인터페이스 보드를 사용한 데이터 수집을 제시하였다. Hanebeck(2004)은 RFID 기술을 도입할 경우, 기존의 재고 관리 방식이 달라져야 함을 이야기하면서 어떻게 달라질 것인지를 흐름도(Flow Chart)를 통하여 보여주고 있다. 그리고 RFID를 도입하여 얻을 수 있는 12가지 효과(처리속도 상승, 경로 선정에 따른 최적화, 도난방지, 효율적 작업자 할당, 예외상황에 대한 경고, 데이터 입력 시 에러 제거, 미 선적 제거, 풍부한 데이터 확보, 풍부한 추적 자료, 선적 속도 향상, 주기적 재고 점검과 판매 손실 감소, 에러에 따른 화해 비용 감소)를 제시하였다.

제품의 리콜 상황에 대한 중요성과 RFID 도입 시 효율적으로 리콜이 가능한 이유를 보여주었다. RFID 시스템 구축이 기업 간 협업을 통해 기업의 프로세스 효율성을 제고 할 수 있음을 설명한 것이다. 조성호(2009)는 RFID 기술을 활용하여 제조공정에 대한 데이터를 수집하고 공정 분석에 필요한 정보를 자동으로 생성하여, 공정의 비효율성을 주기적으로 개선하는 의사결정 지원 시스템을 제안하였다. 또한, 제안된 시스템은 공정에 대한 지속적인 모니터링을 통해 실시간으로 자원의 비효율성 및 공정 지연을 측정하고 관리자가 이에 대해 신속하게 대응할 수 있도록 하였다. 이승우(2010)는 생산현장에서 발생되는 다양한 생산 및 공정 정보를 실시간으로 수집하기 위한 방법에 대한 연구를 수행하였다. 생산현장에는 다양한 설비들이 있으며, 설비의 상태정보를 자동적으로 추출할 수 없는 설비들의 직접 인터페이스를 통해 정확한 설비의 상태정보를 수집할 수 있는 방법으로 작업자 Key-In에 의한 입력, 센서 기반의 인터페이스 모듈, PLC 연결을 통한 CNC장비의 상태정보 추출 방법을 제시하였다.

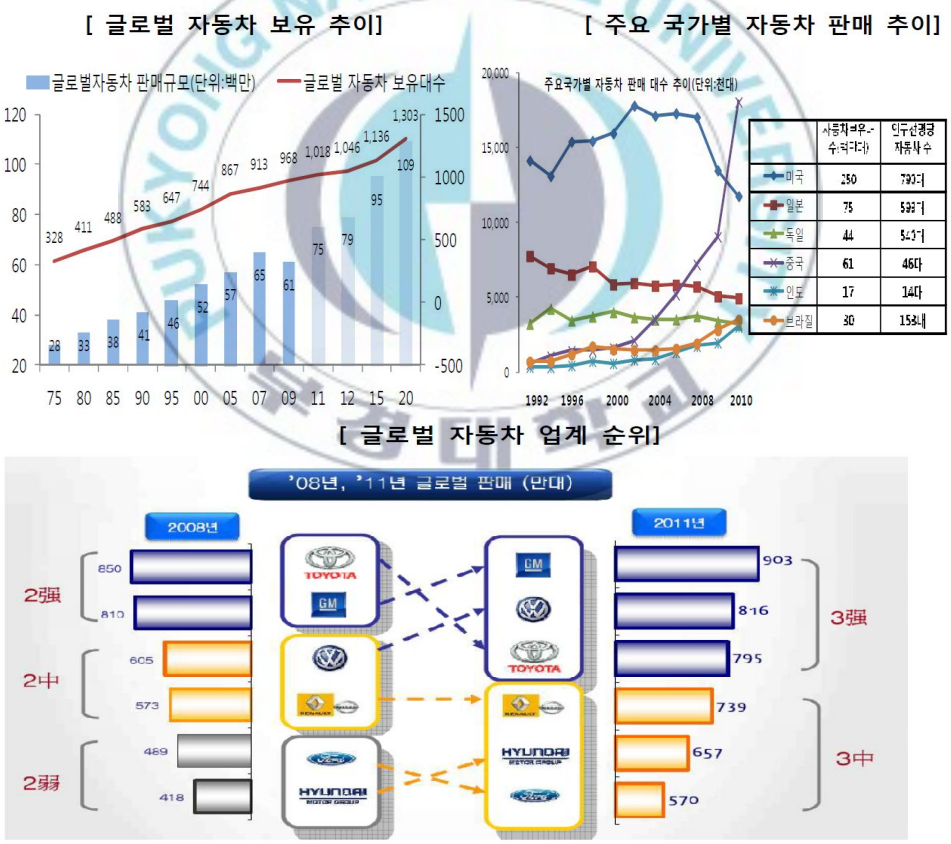
III. 문제정의

자동차 조립은 차체 공장에서 용접, 조립되어 만들어지고, 도장 공장에서 도금, 도장 작업이 수행된 자동차 차체를 조립공장에서 엔진, 변속기, 시트 등 각종 부품을 조립하는 구조다. 최근 완성차 업체의 모듈생산체제에 따른 서열시스템 도입으로 인해 대부분의 자동차 서열업체들은 부품조달을 위해 조립 공정에 투입되는 시점인 TRIM-IN 정보를 수신받아 납기시간 내에 부품조달을 수행한다. 하지만, 납기시간 내에 수행하기에는 시, 공간적인 제약으로 인해 어려움 겪을 수밖에 없는 상황이다.

조달업체 측면에서는 창고에 재고를 적재해 놓은 상태에서 TRIM-IN 정보에 대응하여 SUB-ASS'Y를 공급하는 방식으로 운영하기 때문에 창고 내부에서는 과잉재고로 인한 적재 공간의 부족을 초래했고 의장 중심의 TRIM-IN 정보 수신에 대한 현장의 작업 대응에 따른 시간차 결품이 발생하여 납품 시 추가 비용이 발생하는 상황이 반복적으로 발생하였다. 또한 TRIM-IN 정보 중심의 납품 대응은 추가 오더가 발생되었을 경우 라인의 서열을 강제로 조정하여 긴급 생산을 할 수밖에 없고 이때 부품 조달업체의 인라인 창고에 부품에 대한 재고가 없을 경우 결품으로 이어질 수 있는 문제점을 안고 있다. 또한, 완성차 공장과 시트 공장의 상이한 UPH(Unit Per Hour)로 인한 오더 부족현상으로 라인 정지에 대체하는 라인 청소 및 작업자 교육 등의 시간을 충당하고 수작업에 의한 서열 추가를 해야 하는 문제점을 가지고 있다. 따라서, 생산관리자 의존적인 수작업의 한계성 및 부정확성으로 인한 조달 물량 불균형이 야기된다.

본 논문에서는 이러한 문제 해결을 위해 ASS'Y 조달 소요시간(Cycle Time)을 분석하여 조립공장의 TRIM-IN 정보 대신 부품조달에 대한 소요시간을 고려하여 납품 시간 여유를 보장하는 PAINT-IN 정보를 활용한다. 그리고 조달 물량 불균형의 문제 해결을 위해 자동차의 서열 집계표와 파레토 기법을 적용하여 효율적으로 해결하고자 한다.

완성차 품질 측면에서는 주요 자동차 업계의 품질문제를 고려할 필요가 있다. <그림 1>에서는 자동차 업계의 글로벌 자동차 추이, 주요 국가별 자동차 판매추이, 그리고 글로벌 자동차 업계순위를 나타내고 있다.



<그림 1> 자동차업계 현황

글로벌 자동차 시장의 경쟁구도는 글로벌 자동차업계 Big 6인 GM(미), 폭스바겐(독), 토요타(일), 르노(프), 현대자동차, Ford(미) 중심으로 각축전을 벌이는 상황이며 토요타, GM 중심의 2강-2중-2약 시장이 글로벌 경제위기와 리콜사태로 인해 완성차 업체 간 격차가 축소되면서 3강-3중 구도로 전환되었다. 이로 인해 자동차의 품질문제는 단순한 품질만의 문제가 아닌 전사적인 품질경영으로 발전하였다. 현대자동차 정몽구 회장의 "품질경영은 결과적으로 고객감동과 연결 된다", "품질은 무엇과도 바꿀 수 없는 기본중의 기본이다" 발언에서 엿볼 수 있듯이 자동차 부품 개별 단위의 품질 정보를 수집하고 관리하는 품질관리시스템의 강화는 당연한 것이다. ASS'Y 라인 상에서 각종 로봇의 품질정보는 다양한 포맷으로 구성되기 때문에 분산되어 있는 품질정보의 요청과 수집의 이중 어려움을 갖고 있다. 이러한 문제점들에 대해 본 논문은 실시간 서열을 제공받아 RFID를 활용하여 차대번호 단위의 정보를 관리함으로써 ASS'Y 단위의 품질정보를 수집할 수 있는 시스템을 제안하고자 한다. <표 1>에서는 앞에서 언급된 문제점들과 해결방안에 대해 정리한 내용들을 요약하였다.

<표 1> 문제 정의

구분	문 제 점	해결방안
1	완성차 업체의 JIS 시스템 도입에 따른 납기의 어려움	PAINT-IN 정보 및 파레토 기법을 이용을 통한 해결
2	의장 중심의 서열로 인한 시간차 결품	
3	TRIM IN 정보에 대한 납품대응 시간 부족	
4	완성차 생산라인의 생산정보 변경에 빠른 대응 및 적절한 재고수준 유지	
5	공장별, 라인별 상이한 UPH로 인	파레토 기법만을 이용하여

	한 오더 부족 현상	해결
6	부품조달업체의 납기 대응	실시간 서열정보(Web) 이용하여 해결
7	글로벌화에 따른 제품의 품질정보 수집	RFID를 이용한 실시간 품질정보 수집을 통한 해결

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

IV. 시스템 구축

본 논문에서 제시된 해결방안을 소프트웨어와 하드웨어로 구현하였고 본 장에서는 이에 대한 설명을 기술한다.

4.1 시스템 구성

이 절에서는 시스템 구축을 위한 시스템 환경과 시스템 구조에 대해 설명한다.

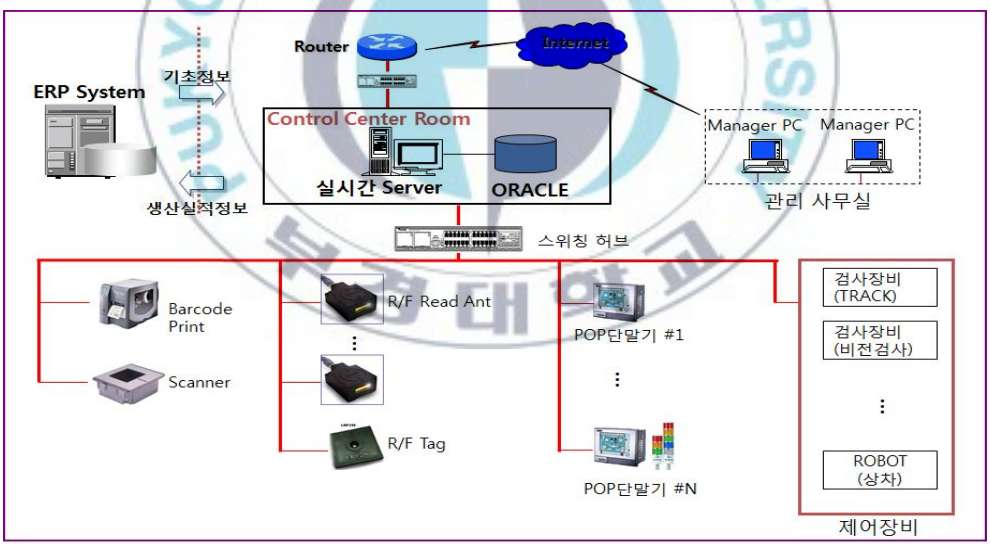
4.1.1 시스템 환경

본 논문에서는 Windows Server 2008을 서버로 운영을 하며 클라이언트 운영체제로는 Windows XP, Windows 7 을 대상으로 한다. 그 밖의 실시간 서열시스템 구현 환경은 다음과 같다.

- 운영체제 : Windows Server 2008
- 웹 개발도구 : Asp .Net, C#, Visual basic 6.0
- 웹 서비스 : Internet Information Server
- 데이터베이스 시스템 : Oracle 11g
- 웹브라우저 : Internet Explorer 8.0

4.1.2 시스템 구조

시스템 구조는 인터넷을 통한 어플리케이션 프로그램을 지원해주는 Web 서버, 정보를 관리하는 데이터베이스 서버 그리고 데이터베이스와 직접 접속하여 실시간 작업사양관리를 하는 현장의 품질관리 단말기로 이루어져 있다. 아래의 <그림 2>에서와 같이 현장관리자, 일반관리자 그리고 경영진은 인터넷을 통해 서버에 접속한후 서버에서 제공해주는 실시간 서열시스템을 이용해 서열 정보를 확인하고 현장의 실시간 생산정보를 모니터링하여 자동창고의 재고흐름과 완성차 TRIM-IN 정보를 확인 할 수 있다.

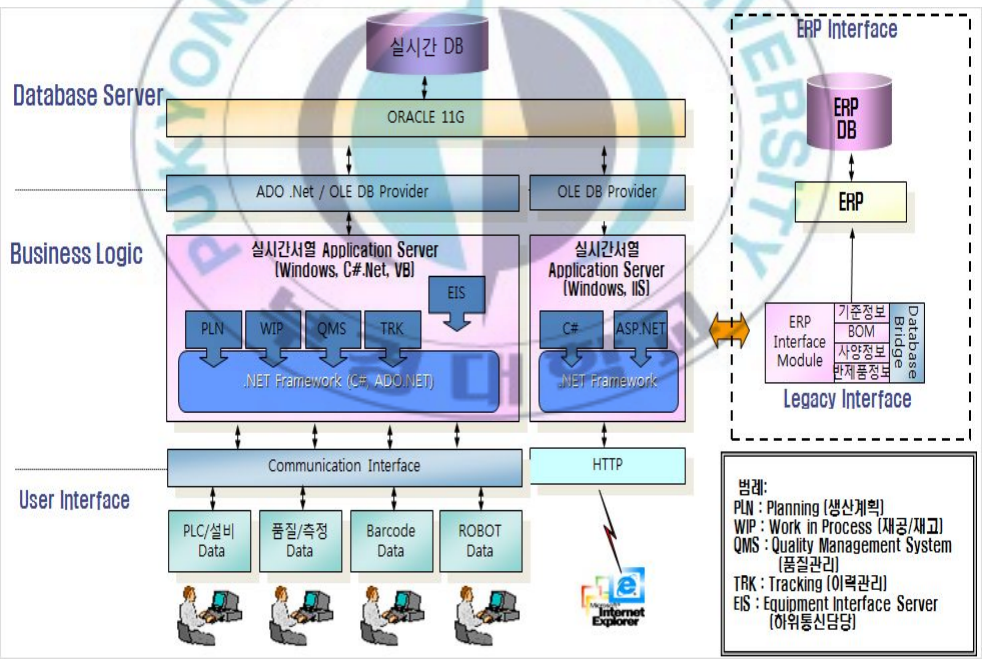


<그림 2> 하드웨어 구성도

그리고 현장의 작업자는 품질관리 단말기를 통해 현재 작업하고 있는 사양의 정보를 모니터링하여 제품의 이종을 방지하고 각종 로봇과 검사장

비들의 측정값들은 데이터베이스에 저장하여 고객사의 품질정보 요청 시 대응한다.

아래의 <그림 3>은 실시간 서열 시스템을 수행하는 데 필요한 소프트웨어의 구성도이다. 클라이언트 어플리케이션 프로그램은 Windows XP 혹은 Windows7을 대상으로 하고 있으며 현장 단말기는 Visual basic, C# 으로 구성하여 데이타베이스와 직접 연결되어 실행된다. 실시간 서열생성은 Oracle 11g의 Package를 사용하여 구성하였으며 2T (2시간) 또는 4T (4시간) 단위로 Package를 호출하여 서열을 생성하고 협력업체와 현장 조립 라인에 배포한다.



<그림 3> 소프트웨어 구성도

4.2 활동시간 분석

자동차 생산 공정을 살펴보면 프레스공장에서 만든 패널들은 차체공장에서 용접, 조립공정을 거쳐 차체가 구성되며, 구성되어진 차체는 WBS(White Body Storage)로 이동된다. 도장에 투입된 차체에 도금과 도색 작업을 수행한 최종 차체가 만들어지고, 만들어진 최종 차체는 PAINT OUT 되어져 PBS(Paint Body Storage)로 이동된다. 이후 완성차 조립라인의 서열 정보에 의해 PBS의 차체가 조립공정에 투입되어 조립작업 수행을 통하여 완성차가 만들어진다.

이러한 완성차 산업의 각 공정에 대한 명확한 시간을 분석하여 부품 조달업체가 결품이 발생하지 않는 정확한 시점을 정의하는 것은 실시간 서열 시스템에서 가장 중요한 부분이기도 하다. 정확한 시점 정의를 위해 4가지 관점에서 시간을 정의해보고자 한다. 첫 번째는 WBS에 적재된 차체가 도장 공정을 거쳐 PBS에 적재되는 시간을 정의하고 두 번째는 도장 공정에 PAINT IN 되어져 PBS에 적재되는 시간을 정의한다. 세 번째는 PBS OUT 되어져 조립공정 투입 시점인 TRIM IN 시간을 정의하고 네 번째로 조립공정 투입 시점인 TRIM IN 시점부터 시트장착까지 걸리는 시간을 정의한다. 아래 <표 2>는 4가지 관점에서 요약 정의한 것이다.

<표 2> 활동시간 분석

시작공정	활동시간
WBS ~ PBS	8시간 27분
PAINT IN ~ PBS	8시간 7분
PBS OUT ~ TRIM IN	29분
TRIM IN ~ 시트장착	4시간
종합) PAINT IN ~ 시트장착	12시간 14분
TRIM IN 정보수집	1시간
생산 + 자동창고	30분
시트공장에서 의장공장까지	30분
문제점) TRIM IN 정보 활용시 ▪ 협력업체에서 시트 자재창고에 반제품을 입고해 놓은 것을 가정하에 가능함 ▪ 시트 자재창고 재고가 증가	

4.3 시스템 요구사항

완성차 업체의 모듈화 도입으로 2만개가 넘는 자동차 부품을 완성차 공장에서 하나하나 조립하지 않아도 돼 생산성과 품질을 높일 수 있다. 원가절감 효과도 커 세계적인 자동차 업체들은 이미 모듈 생산 방식을 운영하고 있다. 동기서열 방식(JIS)으로 모듈을 만들고 있다는 것은 운전석 모듈이 완성됐을 때 해당 운전석 모듈과 조합이 될 섀시 모듈 및 프론트 엔드 모듈이 동시에 나올 수 있도록 3개 라인의 생산 과정을 유기적으로 운영하는 것이다. 3가지 모듈이 동시에 완성돼 공급되어야 완성차는 차질 없이 조립할 수 있다. 더군다나 순서가 뒤바뀌어서도 안 된다. JIS란 이 같은

동기서열 방식으로 모듈을 생산, 정확하게 순서대로 공급된다는 점을 강조한 것으로, 필요한 부품을 필요한 때에 공급하는 도요타 자동차의 JIT 보다 한수 위로 평가 받고 있다. 자동차를 한 시간에 30대 생산할 경우 시트도 30대분이 조립되어 TRIM IN 정보를 받은 후 4시간 이내에 조립공정에 투입되어 장착되어야 한다. 이러한 구조 속에 조립공장의 서열 공급에 장애가 발생하지 않도록 4시간 단위의 시트 서열을 제공하면서 현장 작업자들이 손쉽게 작업하고 품질 이종이 발생하지 않도록 시스템을 구성하기 위한 요구조건을 취합하였다. 요구조건의 대부분은 공통적으로 적용할 수 있도록 유도하였으며 각 라인별로 특성이 있어 불가피하게 적용하는 요구사항들은 예외적인 프로세스를 운영할 수 있도록 협의하였다. 다음의 요구사항은 2시간 PAINT IN 정보를 사용하여 실시간 서열을 생성한다는 전제 조건하에 이루어진 것이다.

공통적인 요구사항으로는 아래 <표 3>과 같이 가죽인 경우 시간당 10대 이상을 배정하지 못하게 요구하였고 특정 차종도 시간당 20대 이상 배정하지 못하도록 요구하였다. 이 요구는 2시간 PAINT IN 정보에 가죽 사양과 특정 차종이 20대 또는 40대 이내일 경우에 가능하다. 만약 정해진 대수 이내일지라도 무리하게 서열을 조정할 경우 시간차 결품이 발생할 소지가 있으므로 수용 불가로 결정되었다. 북미/캐나다 사양은 작업성 때문에 연속해서 서열이 나오지 않도록 요구했고 주간, 야간의 서열에 가죽 사양은 밸런싱을 통해 균등하게 배정해줄 것을 요구하였다. 이 경우는 일단위 작업지시인 경우는 가능하나 2T 또는 4T인 경우는 적용해 줄 수 없는 사항이다. 가죽 5대 이내 묶음조건, 일반사양 20대 이내 묶음 조건은 최대한 수용하기로 하고, 2개 이내의 낱개 사양인 경우 2T 서열의 앞으로 배정하기로 했다. 혼류 생산 라인의 특성상 특정라인에 의장서열이 과다하게 내려올 경우 라인별 비율 배분을 적용하여 분산 시킬 수 있도록 구성하기

로 협의되어졌고 카바링 칼라 및 차일드 앵커 유무를 고려하여 연결 생산되지 않도록 요구한 건에 대해서는 사양별 옵션코드를 관리하여 분리할 수 있도록 구성하기로 협의되어졌다.

<표 3> 공통 요구사항

구분	요구사항
공통	가죽 시간당 10대 이상 불가 - 작업은 가능하나 4T 기준 작업지시 생성시 40대 이내일 경우 가능
	특정 차종 시간당 20대 이상 불가 - 작업은 가능하나 4T 기준 작업지시 생성시 40대 이내일 경우 가능
	북미/캐나다 분리
	주/야간 가죽 BALANCE - 일 단위 작업지시인 경우는 가능하나 2T 또는 4T인 경우는 불가
	가죽 5대 이상 묶음 하지 말 것
	낱개 ORDER 묶음 작업(2개 이하) - 소량 정렬을 이용해 우선 작업 지시
	차종 분리
	라인 투입 사양 중 의장서열 과다 시 #1, #2 라인 분산 - 라인별 비율배분 적용으로 분산
	카바링 칼라 및 차일드 앵커 유무 고려 연결 생산되지 않도록 함

라인별 요구사항 <표 4>는 1라인에 특정 칼라 사양을 투입할 수 없도록 요구하였다. 이 요구사항은 라인별로 작업 사양을 지정하여 서열을 생성하므로 해소될 수 있는 사항이고 2라인의 A/REST 사양 [유/무] 묶음 작업, BENCH 사양 투입 지양 그리고 특정 차종의 경우 COMBI 사양도 가죽과 동일하게 취급하여 시간당 10대 이상 배정하지 말고 한 순번에 5

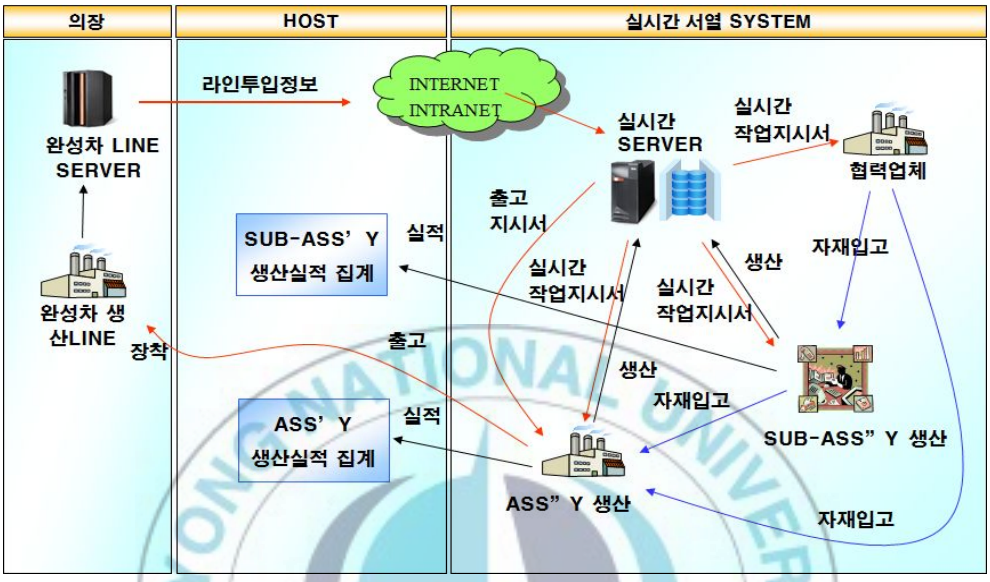
대 이상 묶음을 하지 말아 달라는 요구사항은 별도의 예외 프로세스를 적용하여 반영하기로 하였다.

<표 4> 라인별 요구사항

구분	요구사항
#1	특정 칼라 사양 투입 불가
#2	A/REST 사양 [유/무] 묶음 작업
	BENCH 사양 투입 지양
	특정 차종의 경우 COMBI 사양도 가죽과 동일 취급 시간당 10대 이상 불가하며 묶음 5대 이상 하지 말것
#3	특정 COLOR ONLY 투입 [9P / 8M]

4.4 구축내용

본 장에서는 실시간 서열 시스템의 구축내용을 다루고자 한다. 아래 <그림 4>에서 실시간 서열 시스템 영역이 구축 범위에 해당된다. 실시간 서열시스템을 구성하고 있는 두 가지 시스템의 내용을 설명하고자 한다. 일반적으로 제조회사의 시스템은 생산 계획 즉 생산서열을 생성해주는 실시간 서열관리 시스템과 RFID와 현장 단말기를 사용하여 현장 서열을 제어하고 제품의 차대번호별 추적성과 제품의 이종방지를 목적으로 한 품질정보관리 시스템으로 구성된다. 구축된 시스템은 의장의 PAINT IN 정보 수신부와 실시간 서열생성, 협력업체 서열제공 그리고 시트 조립라인에 제공 되어지는 품질정보와 생산실적에 대한 실적집계로 구성되어 있다.

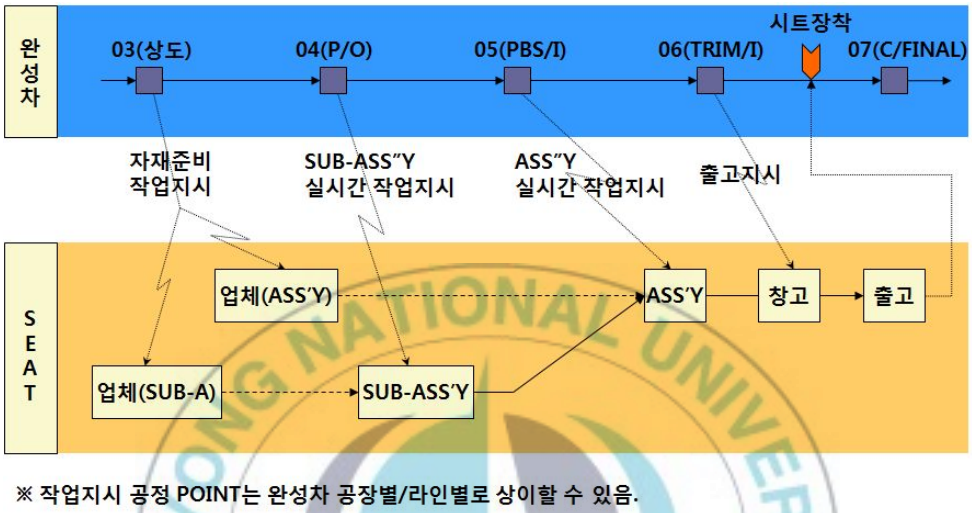


<그림 4> 구축 범위

4.4.1 실시간 서열관리

실시간 서열관리 시스템을 구축하기 위해 앞에 소개한 활동시간 분석을 통해 어느 시점의 데이터를 기준으로 실시간 서열을 만들 것인가? 서열의 기본단위는 어느 정도 할 것인가에 고민을 할 수 밖에 없다. 자동차 라인의 흐름<그림 5>을 보면 PAINT IN 된 후 상도 공정에서 협력업체는 자재준비를 하고 작업지시를 내려야만 SUB-ASS'Y 가 준비되어져 PBS IN 시점에서 ASS'Y 조립라인에 부품을 조달할 수 있다. 조달되어진 각종 부품은 시트공장의 조립 라인에서 조립되어 자동창고에 적재된다. 적재된 시트 재고는 완성차 조립라인의 TRIM IN 정보에 대응하여 출고되어 의장

조립라인에서 완성차에 장착된다. 실시간 서열관리는 완성차에 납품하는 시트 ASS'Y에 대한 생산계획을 생성하는 모듈이다.

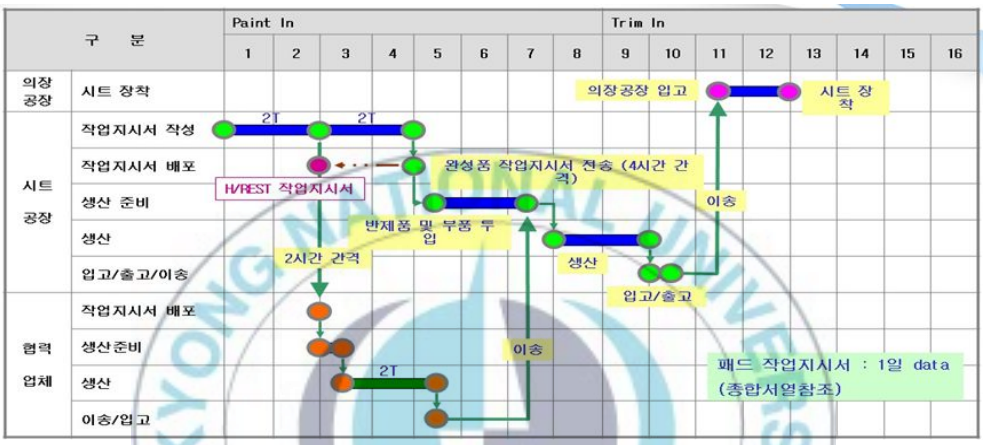


<그림 5> 서열시스템 흐름

1) 서열시스템 흐름

PAINT IN부터 시트 장착까지의 흐름을 1시간 단위로 상세하게 표현하면 아래 <그림 6>과 같다. 상세히 살펴보면 2시간 동안 PAINT IN 정보를 수신 받아 정보를 취합하여 2T 단위의 협력업체 서열정보를 제공한다. 이 정보를 이용하여 협력업체는 부품을 3시간 동안 생산 및 조립하여 5T 시점에서는 시트공장의 라인사이드 재고로 적재하게 된다. 이후 2T 단위의 협력업체 서열이 추가로 생성되면서 이전 시간대에 제공 되어진 협력업체 2T 서열을 합쳐서 4T 단위의 시트공장 완성품 서열정보를 5T 시점에서 제공한다. 시트 조립 라인에서는 완성품 서열정보가 내려지면 3시간 동안 자재 서열을 준비하고 8T 시점에서 조립을 시작하여 10T 시점에

생산 완료되어 자동창고에 적재된다. 9T 시점에서 TRIM IN 받은 정보에 대해 11T 시점에 적재 창고에서 출고하여 완성차 조립라인에 조달된다. 완성차 조립라인에서는 라인사이드 재고로 적재되어져 있는 시트를 13T 시점에 완성차에 장착시킨다.



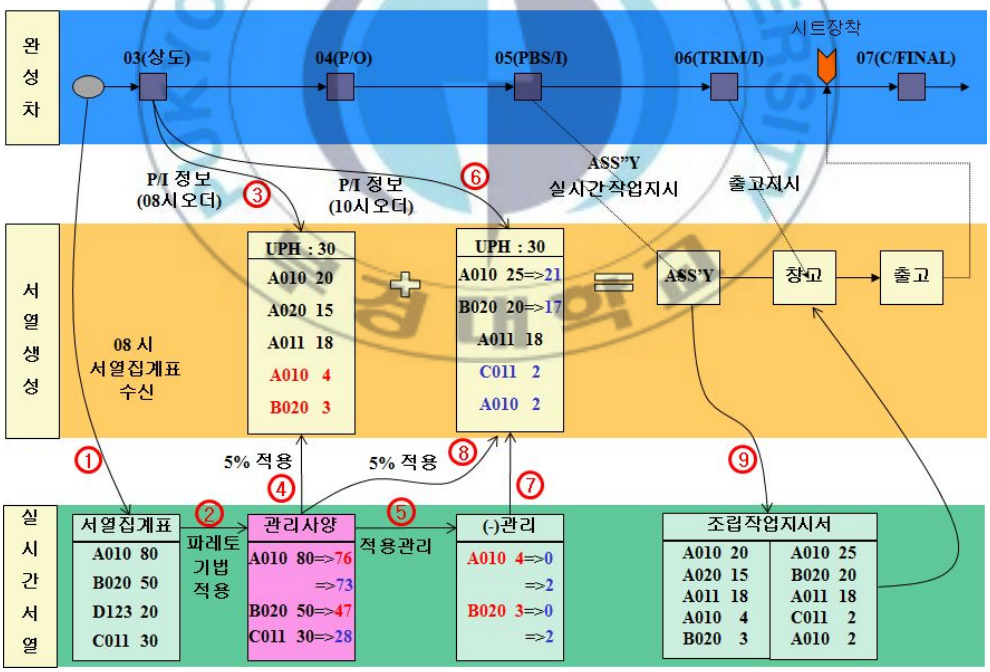
<그림 6> 서열시스템 세부 시간 흐름

2) 파레토 기법을 적용한 조달 물량 평준화 원리

본 논문의 핵심 처리부분으로 오더 부족분에 대한 해소 방안을 제시한 프로세스이다. 파레토 기법을 적용하여 D+1일의 생산량이 많은 순으로 나열하여 상위 20%에 해당하는 서열을 관리항목으로 등록하여 부족한 오더를 관리하는 방식이다.

<그림 7>은 파레토 기법을 적용한 조달 물량 평준화를 표현한다. 처리 프로세서를 상세히 살펴보면 ①에서 08 시에 완성차에서 서열집계표를 수신하여 실시간 서열 시스템에 저장하고 ②에서 서열집계표 상의 D+1일의 생산량이 많은 상위 20%를 관리 사양으로 등록하여 제공한다. ③에서 08시에 2시간 분량의 PAINT IN 정보를 수신하여 기본 서열을

제공하고 ④에서 UPH 30 에 대한 2시간 서열 60대 분을 생산하기 위해 부족한 7대분을 관리사양에서 순차적으로 5%를 적용하여 추가오더로 편성한다. ⑤에서는 관리사양의 추가 오더 반영에 대해 (-)관리에 등록한다. ⑥에서 10시에 2시간 분량의 PAINT IN 정보를 수신하여 기본 서열을 제공하고 ⑦에서 (-)관리에 등록된 데이터가 있다면 동일 사양에 대해 PAINT IN 정보를 제거한다. ⑧에서 PAINT IN 정보를 제거한 후 부족분에 대해 관리 사양에서 다음 순서부터 5%를 적용하여 추가 오더를 편성한다. ⑨에서 이전에 생산된 08시 오더와 현재 10시 오더를 묶어서 조립작업지시서를 생성하여 생산 현장의 자재서열준비 작업과 품질정보를 지원한다.



<그림 7> 파레토 기법을 적용한 조달 물량 평준화

파레토 기법을 적용하여 관리사양을 생성시킨 후 조달 물량 부족분에 오더를 추가하고 추가된 오더를 (-)관리에서 관리한다. 다음 서열 생성 시 (-)관리에 있는 사양에 대해 차감 처리를 하고 추가 오더 작업을 함으로써 조달 물량의 평준화를 만들었다. 이러한 방식은 추가 오더에 대한 생산 물량에 대해서도 다음 서열에서 대부분 반영되어 완성차에 조달되기 때문에 재고에 대한 부담을 해소했다.

3) 공정별 READ-TIME 조사

서열시스템 흐름을 정의한 후 아래 <표 5>에서처럼 실제 완성차 생산라인의 차체공정에 투입된 시간(B/I)과 도장 공정에 투입된 시간(P/I), 도장공정의 상도공정 시간(상도), 도장공정이 완료된 시간(P/O), 도장이 완료된 후 STORAGE(PBS/I)에 적재되는 시간 그리고 완성차에서 시트를 요구하는 시간(T/I)으로 단계를 세분화하여 시간을 조사하였다. A차종은 606015, 625814, 726103, 726161, 749359, 749359, 749360, 749361 B차종은 101470, 103629, 103835, 104153, 109419, 109420, 109421, 109422 C차종은 109935, 109936, 109937, 109938, 109943, 109944, 109945, 109946에 대한 BODY-NO를 대상으로 각 공정의 시간을 조사하여 서열시스템의 시작 시점을 PAINT IN으로 설정했을 때 완성차 생산흐름에 시간차 결품으로 인한 장애가 발생하지 않는지를 조사했다. B/I 시점은 처음부터 적중률이 80% 정도 수준이기에 논외의 대상이었다. A차종은 최소시간이 11.81 시간이 소요되었고 B차종은 최소시간이 8.98 시간이며 C차종은 최소시간이 8.15 시간으로 조사되었다. 이 조사결과에 따르면 PAINT IN을 시작 시점으로 시트공장에서 실시간 서열을 제공한다면 8시간 이내에 생산이 시작되므로 A, B, C 세 차종에 대한 서열 공급에 문제가 없음이 증명되었다.

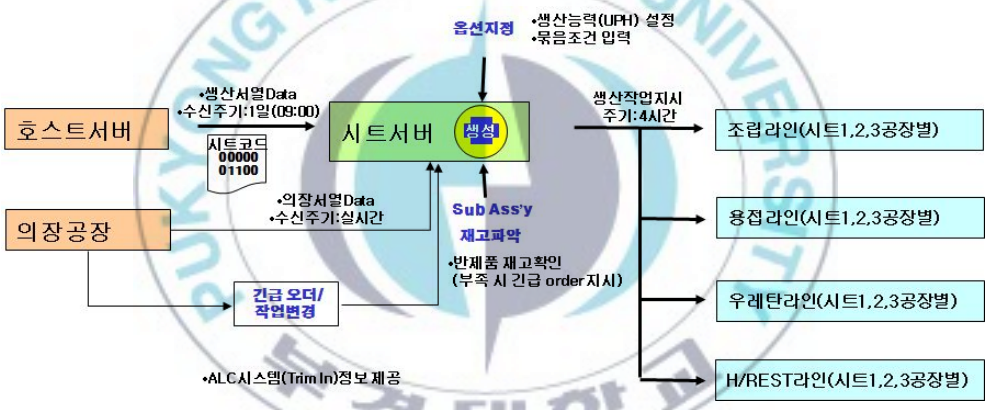
<표 5> 공정별 READ TIME

A차종	606015	625814	726103	726161
B/I	2003-01-28 21:37	2003-02-26 11:40	2003-07-25 22:40	2003-07-26 8:46
P/I	2003-01-29 0:06	2003-02-26 14:35	2003-08-04 7:53	2003-07-26 11:14
상도	2003-01-29 7:11	2003-02-27 2:01	2003-08-05 0:00	2003-08-04 22:01
P/O	2003-01-29 10:25	2003-02-27 3:28	2003-08-05 2:52	2003-08-05 0:25
PBS/I	2003-01-29 11:10	2003-02-27 3:59		2003-08-05 0:55
T/I	2003-01-29 11:35	2003-02-27 4:24	2003-08-05 22:43	2003-08-05 9:31
P/I ~ P/O	10.32	12.88	18.98	229.18
P/O ~ T/I	1.17	0.93	19.85	9.1
	11.49	13.81	38.83	238.28
B차종	101470	103629	103835	104153
B/I	2003-06-06 1:58	2003-07-22 22:47	2003-08-06 12:01	2003-08-12 19:28
P/I	2003-06-06 4:45	2003-07-23 10:43	2003-08-06 23:39	2003-08-13 17:47
상도	2003-06-06 23:24	2003-07-25 8:36	2003-08-07 14:51	2003-08-14 4:30
P/O	2003-06-07 3:03	2003-07-25 21:18	2003-08-07 16:33	2003-09-02 0:11
PBS/I	2003-06-07 5:16	2003-07-25 21:48	2003-08-07 17:00	2003-09-02 0:47
T/I	2003-06-07 5:27	2003-07-25 21:52	2003-08-07 21:09	2003-09-02 2:50
P/I ~ P/O	22.3	58.58	16.9	462.4
P/O ~ T/I	2.4	0.57	4.6	2.65
	24.7	59.15	21.5	465.05
C차종	109935	109936	109937	109938
B/I	2003-09-04 19:34	2003-09-04 19:36	2003-09-04 19:39	2003-09-04 21:01
P/I	2003-09-05 2:57	2003-09-05 2:58	2003-09-05 3:02	2003-09-05 3:14
상도	2003-09-05 9:15	2003-09-05 9:13	2003-09-05 9:01	2003-09-05 9:20
P/O	2003-09-05 10:48	2003-09-05 10:43	2003-09-05 11:24	2003-09-05 10:50
PBS/I	2003-09-05 11:40	2003-09-05 11:30	2003-09-05 13:19	2003-09-05 11:20
T/I	2003-09-05 11:44	2003-09-05 11:35	2003-09-05 13:28	2003-09-05 11:23
P/I ~ P/O	7.85	7.75	8.37	7.6
P/O ~ T/I	0.93	0.87	2.07	0.55
	8.78	8.62	10.44	8.15

A차종	749358	749359	749360	749361
B/I	2003-09-08 0:43	2003-09-08 0:45	2003-09-08 0:46	2003-09-08 0:48
P/I	2003-09-08 6:35	2003-09-08 6:36	2003-09-08 6:36	2003-09-08 6:38
상도	2003-09-08 13:36	2003-09-08 15:46	2003-09-08 14:00	2003-09-08 15:44
P/O	2003-09-08 15:46	2003-09-08 18:30	2003-09-08 16:38	2003-09-08 21:13
PBS/I		2003-09-08 21:37	2003-09-08 18:21	
T/I	2003-09-08 22:37	2003-09-08 21:49	2003-09-08 18:25	2003-09-09 3:07
P/I ~ P/O	9.18	11.9	10.03	14.58
P/O ~ T/I	6.85	3.32	1.78	5.9
	16.03	15.22	11.81	20.48
B차종	109419	109420	109421	109422
B/I	2003-09-24 22:38	2003-09-24 22:45	2003-09-24 22:50	2003-09-24 22:55
P/I	2003-09-25 0:48	2003-09-25 0:53	2003-09-25 0:59	2003-09-25 1:04
상도	2003-09-25 7:00	2003-09-25 7:27	2003-09-25 7:25	2003-09-25 7:08
P/O	2003-09-25 13:31	2003-09-25 9:11	2003-09-25 9:09	2003-09-25 8:24
PBS/I	2003-09-25 14:01	2003-09-25 9:49	2003-09-25 9:44	2003-09-25 8:53
T/I	2003-09-25 14:09	2003-09-25 9:52	2003-09-25 10:54	2003-09-25 9:00
P/I ~ P/O	12.72	8.3	8.17	7.33
P/O ~ T/I	0.63	0.68	1.75	0.6
	13.35	8.98	9.92	7.93
C차종	109943	109944	109945	109946
B/I	2003-09-04 21:32	2003-09-04 21:41	2003-09-04 21:43	2003-09-04 21:45
P/I	2003-09-05 3:33	2003-09-05 3:44	2003-09-05 3:49	2003-09-06 20:46
상도	2003-09-05 9:44	2003-09-05 10:18	2003-09-05 10:28	2003-09-07 5:12
P/O	2003-09-05 22:28	2003-09-05 11:47	2003-09-05 13:49	2003-09-07 17:08
PBS/I	2003-09-05 23:23	2003-09-05 13:35	2003-09-05 14:39	2003-09-07 18:03
T/I	2003-09-05 23:32	2003-09-05 13:43	2003-09-05 14:41	2003-09-07 19:00
P/I ~ P/O	18.92	8.05	10	20.37
P/O ~ T/I	1.07	1.93	0.87	1.87
	19.99	9.98	10.87	22.24

4) 의장 공장 생산계획 수신 및 처리방안

<그림 8>은 의장 공장 생산 계획 수신에 따른 업무 흐름을 나타낸다. 완성차의 호스트 서버에서 생산서열 데이터를 Samfile 형태로 생성하여 배치 프로그램을 통해 FTP로 파일을 보내면 이 정보를 실시간 서버에 있는 수신 프로그램에서 변환하여 부품 서열 집계표를 만들어 데이터베이스에 저장한다. 데이터베이스에 저장된 생산계획은 반제품 라인의 일 생산계획의 참조용으로 제공되고 의장 PAINT IN이 부족할 경우 파레트 법칙을 적용하여 대체 생산 근거자료로 활용하게 된다.



<그림 8> 생산 계획 수신

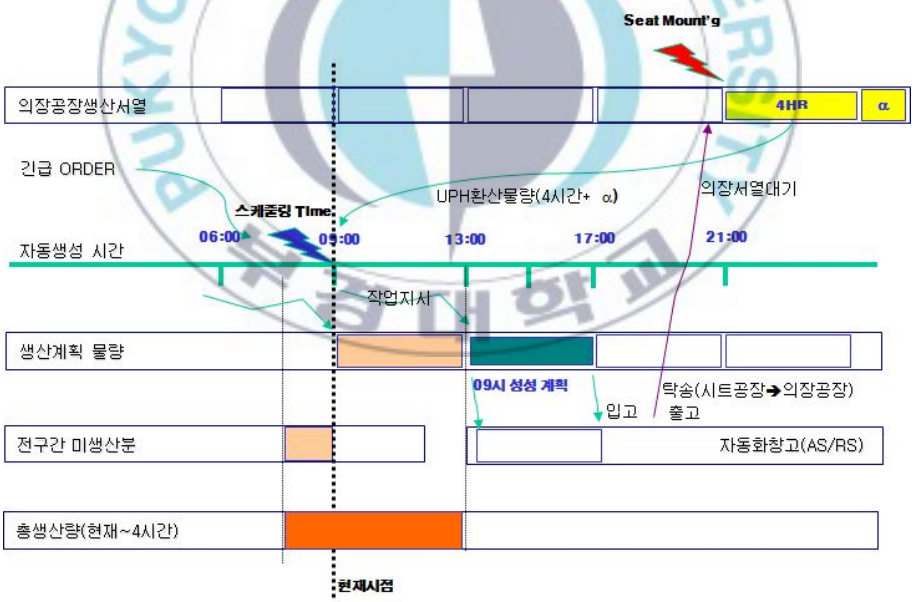
생성된 부품서열집계표<그림 9>는 최대 D+12 일까지의 예상 생산계획을 제공한다. 이 생산계획을 공장에 그대로 적용을 한다면 공장의 창고 재고는 2배 이상 증가하게 되고 부품조달 업체의 라인사이드 재고는 적재 공간 확보에 어려움을 겪을 수밖에 없다. 또한 하루 단위의 조달 물량이므로 실제 완성차 조립 라인의 TRIM IN 정보 시점을 예측할 수 없기 때문에 결품이 발생할 가능성이 높다.

CODE	CVR	칼라	재질	지역	D-1	PBS	PRJ	WBS	D	D+1	D+2	D+3	D+4	D+5	D+6	D+7	D+8	D+9	D+10	D+11	D+12	RM	합계	MIT	LC (O)	LC (X)
107H	NAS	RY	천	일반	4	0	0	0	6	14	0	0	4	3	74	16	23	0	0	10	90	0	240	0	778	843
108H	NAS	RY	천	일반	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	0	6	0	10	7
110K	NAS	RY	천	호주	0	0	0	0	0	17	0	0	19	22	34	36	31	0	0	36	36	0	231	0	392	15
111J	NAS	RY	천	유럽	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	50
112H	NAT	RAS	천	일반	3	0	0	0	4	48	0	0	35	48	182	230	26	0	0	12	28	0	613	0	543	595
112J	NAS	RY	천	유럽	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	0
114J	NAS	RY	천	유럽	27	0	0	0	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	0	16	22
115J	NAS	RY	천	유럽	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	0
117J	NAT	RAS	천	유럽	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
119H	NAU	YDA	천	일반	61	3	0	2	52	193	0	0	247	301	107	36	196	0	0	196	110	0	1443	0	1752	5359
120H	NAU	YDA	천	일반	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
123H	NAS	RY	천	일반	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	17	12
127H	NAT	RAS	천	일반	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3	3
128J	NAU	YDA	천	유럽	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
129K	PBK	RY	천	호주	0	0	0	0	0	15	0	0	12	11	0	0	0	0	0	4	4	0	46	0	38	0

<그림 9> 부품 서열 집계표

5) 생산계획 생성 및 작업지시(조립라인)

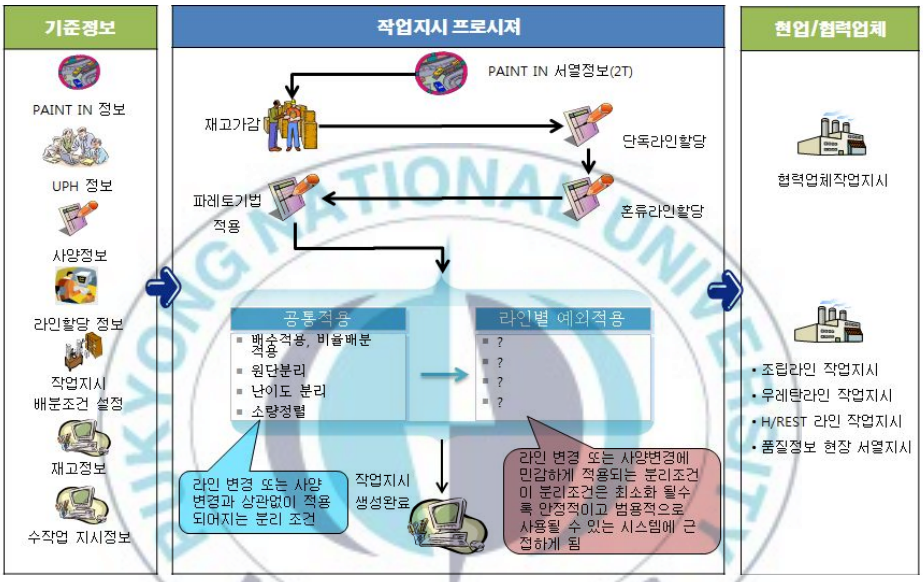
아래 <그림 10>에서 생산계획 생성에 대한 기본적인 운영 원칙을 표현했다. 완성차의 도장라인 진입부에 있는 RFID를 이용하여 PAINT IN 정보를 수신 받아 2시간동안 모아서 각 라인의 UPH를 감안한 협렵업체 서열정보(2T)를 생성하여 배포한다. 다음 2시간동안 PAINT IN 정보를 수신 받아 협렵업체 서열정보(2T)를 생성하여 배포한 후 협력업체 서열정보(2T+2T)를 묶어서 조립 라인 서열정보를 생성하여 현장에 배포한다. 협력업체 서열정보(2T)를 먼저 생성하여 배포를 하는 이유는 협력업체가 서열정보를 배포받아 SUB-ASS'Y를 생산, 조립하여 부품을 조달하는 시간을 최대한 확보하기 위한 방안이다.



<그림 10> 생산 계획 운영

6) 서열정보 생성 프로세스

본 논문의 엔진 부분이라고 할 수 있는 서열정보 생성 프로세스 <그림 11>은 ORACLE PACKAGE로 구성되어 있으며 프로세스 수행시간은 10분 이내에 수행될 수 있도록 구성하였다.



<그림 11> 서열정보 생성

서열정보 생성 프로세스가 정상적으로 수행되기 위해서는 각 공장별로 집계시간 설정<그림 12>를 통해 생성 프로세스를 호출하게 되어있다. 서열정보 생성 프로세스가 구동되는 기본 원칙은 2시간 단위 이지만 점심시간, 저녁시간, 작업자 교육시간 등을 감안하여 일자별로 호출 시간을 관리하여 프로세스를 호출한다. 서열정보 생성은 협력업체용(2T) “작업지시서 생성 및 업체배포”를 생성하고 2시간 후에 협력업체용(2T)과조립작업지시용(2T+2T)인 “작업지시서 생성 및 완성품, 프레임, 헤드레스트, 업체 배포”를 생성하는 구조로 구성된다.

<그림 12> 집계시간 설정

프로세스의 흐름은 의장에서 수신 받아 저장되어져 있는 PAINT IN 정보 2T를 취합하여 정리한 후 이전 서열 생성 시 오더 부족에 따른 추가 오더 편성량 만큼 해당 사양코드를 PAINT IN 정보에서 제거한다. 추가 오더 편성량은 “(-)관리”라는 화면 <그림 13> 에서 관리 되어지는데 (-) 수량, 편성수량, 미편성 수량으로 구성되어 진다. PAINT IN 정보 제거시 “(-)관리“ 테이블에서 미편성 수량이 존재하는 해당 사양의 편성수량을 증가시켜 가감 작업이 이루어진다.

(-) 관리

검색 추가 엑셀

공 장	3 공장	일 자	2013-04-09	완성품사양		구 분	전체

관리번호	구분	완성품 사양	완성품 사양명	수 량	편성 수량	미편성 수량
320130409-100	자동추가	119H	SD 일반/중동 GL LHD	5	5	0
320130409-099	자동추가	161H	SD 일반/중동 GLS LHD	5	5	0
320130409-098	자동추가	215F	SD 내수 GL LHD	13	13	0
320130409-097	자동추가	161H	SD 일반/중동 GLS LHD	3	3	0
320130409-096	자동추가	215F	SD 내수 GL LHD	6	6	0
320130409-095	자동추가	A50H	GD_호주_GL_RHD_SGD	5	5	0
320130409-094	자동추가	A70K	GD_캐나다/미국_GLS_LHD_SGH	5	5	0
320130409-093	자동추가	A90K	GD_캐나다/미국_GLS_LHD_SGD	3	3	0
320130409-092	자동추가	A78K	GD_캐나다/미국_GLS_LHD_SGG	3	3	0
320130409-091	자동추가	119H	SD 일반/중동 GL LHD	4	4	0
320130409-090	자동추가	161H	SD 일반/중동 GLS LHD	8	8	0
320130409-089	자동추가	215F	SD 내수 GL LHD	13	13	0
320130409-088	자동추가	119H	SD 일반/중동 GL LHD	3	3	0
320130409-087	자동추가	161H	SD 일반/중동 GLS LHD	8	8	0
320130409-086	자동추가	221F	SD 내수 GLS LHD	3	3	0
320130409-085	자동추가	215F	SD 내수 GL LHD	12	12	0
320130409-084	자동추가	161H	SD 일반/중동 GLS LHD	4	4	0
320130409-083	자동추가	221F	SD 내수 GLS LHD	2	2	0
320130409-082	자동추가	215F	SD 내수 GL LHD	6	6	0
320130409-081	자동추가	A50H	GD_호주_GL_RHD_SGD	6	6	0

전체개수 : 61885 ◀◀ ◀이전 [1] 2 3 4 5 6 7 8 9 10 다음▶ ▶▶ 1 / 3095 Page

<그림 13> (-)관리

품질정보에서 관리하고 있는 생산실적 정보를 활용하여 현 재고를 평가한다. 생산 완료 후 자동창고에 입, 출고 되어진 완성품에 대한 자동창고의 재고와 서열 작업지시에 대한 생산 미 투입분인 미 생산분 그리고 생산 현장에 투입되어 자동창고에 입고되지 않고 공정 중에서 작업중인 물량을 가감하여 (+) 재고인 사양코드에 대해 PAINT IN 정보를 제거한다. 작업 처리되고 남은 PAINT IN 물량에 대해 전용 라인으로 설정된 사양코드를 일차적으로 해당 라인에 할당한 후 혼용 라인으로 설정된 사양코드에 대해서는 해당 라인들의 UPH 에 대한 할당량을 기준으로 낮은 비율에 우선 배정하여 라인별로 분배한다. 예를 들어 A102 라는 사양코드가 1라인에서만 생산될 수 있다면 1라인에 먼저 할당 하고 A103 이 1,3라인 혼류생산이 가능하다면 라인 분배 수식을 적용하여 1

라인이 70%고 3라인이 71%라면 1라인에 할당시킨다.

라인 할당량 / 라인 UPH * 100 --- 라인 분배수식

생산라인에 할당되어진 서열이 부족한 경우에도 라인의 UPH 량과는 동일하게 서열이 제공되어져야 하므로 추가오더를 편성해야 된다. 만약 추가 서열를 편성하지 못한다면 조립라인은 서열이 부족하여 라인을 정지시킬 수밖에 없다. 이를 위해 <그림 14>의 관리사양을 테이블로 관리한다. 서열집계표가 수신 되어지는 시점에 파레토 기법을 적용하여 관리사양을 생성시켜 비율을 조정할 수 있도록 구성되었다.

관리 사양 편집 검색 수정

공장선택 3 공장

순번	완성품사양	완성품사양명	퍼센트(%)	차종	종류	난이도	칼라	재질	삽입/삭제
1	210F	SD 내수 GL LHD	3	SD	NAS	B	RY	천	
2	A20C	GD_내수_GLS_LHD_SGH	3	A5	SGH	B	RY	가죽	
3	A73J	GD_호주_GLS_RHD_SGH	3	A5	SGH	B	RY	가죽	
4	A54K	GD_캐나다/미국_GLS_LHD_S	4	A5	SGD	B	RY	천	
5	A61C	GD_내수_GL_LHD_SGH	3	A5	SGH	B	RY	가죽	
6	A78K	GD_캐나다/미국_GLS_LHD_S	4	A5	SGG	B	VYF	가죽	
7	110K	SD 호주 GL RHD	3	SD	NAS	B	RY	천	
8	231J	SD 유럽 GLS RHD	5	SD	PBK	B	RY	천	
9	310K	SD 캐나다 GL/GLS LHD	3	SD	PBU	B	YDA	천	
10	239H	SD 일반/중동 GLS LHD	3	SD	PDM	H	YDA	가죽	
11	A52K	GD_캐나다/미국_GL_LHD_SG	4	A5	SGD	B	RY	천	
12	A70K	GD_캐나다/미국_GLS_LHD_S	4	A5	SGH	H	RY	가죽	
13	A90K	GD_캐나다/미국_GLS_LHD_S	5	A5	SGD	B	RY	천	
14	119H	SD 일반/중동 GL LHD	5	SD	NAU	B	YDA	천	
15	A50H	GD_호주_GL_RHD_SGD	5	A5	SGD	B	RY	천	
16	161H	SD 일반/중동 GLS LHD	4	SD	PBU	B	YDA	천	

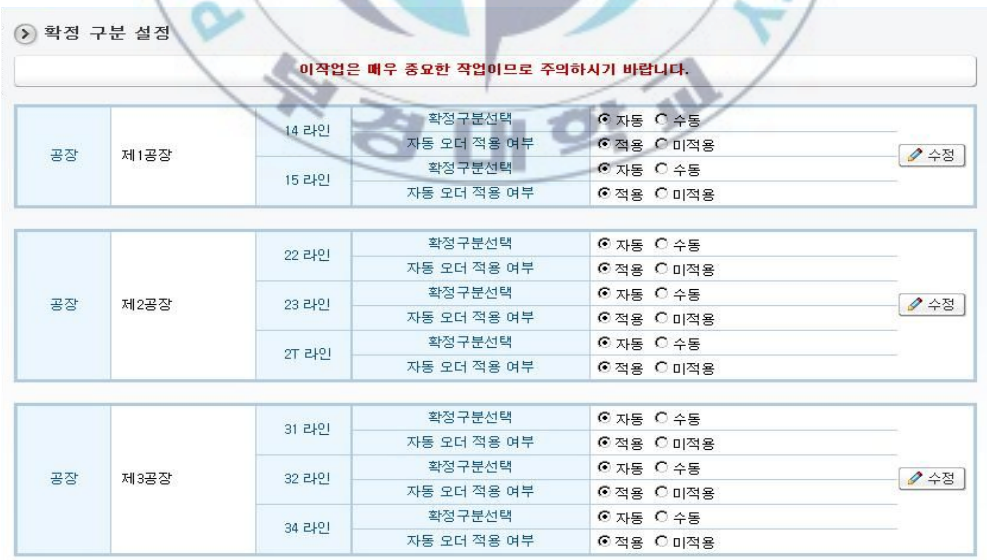
<그림 14> 관리 사양 편집

전체 결과의 80%가 전체 원인의 20%에서 일어난다는 파레토 기법을 적용하여 부품서열집계표 상의 D+1의 물량 중에 상위 20%에 해당하는 사양에 대해 비율 기준으로 해당 라인에 추가 오더로 편성을 한다.

만약 D+1의 물량으로도 부족한 경우는 D+2의 물량을 추가 오더로 편성한다. D의 물량은 현재 진행 중인 PAINT IN 물량이므로 적용하지 않고 D+1에 많은 물량이 배정된 사양은 D 에도 많은 물량이 배정된 경우이므로 적용을 할 경우 다음 시간대의 오더에서 재고분에 대한 오더 차감으로 조정되어질 수 있다. 최악의 경우 D 물량으로 나오지 않더라도 D+1의 물량으로 적용되어지므로 최대 24시간 이내에는 소진 가능한 재고로 창고에 존재한다. 각 라인별로 UPH를 충족하는 편성 물량을 확보한 후 작업 현장의 작업성을 충족시키기 위한 서열 조정 작업이 이루어진다. 서열 조정 작업은 UPH를 충족하는 편성 물량에 대해 가죽사양은 1, 2, 3라인에 최대한 동일 비율이 되도록 혼류 생산 사양코드를 라인 이동시켜서 밸런스를 조정한다. 이 작업은 천 사양에 비해 가죽사양의 작업 강도가 1.5배 정도 높기 때문에 작업성에 대한 형평성을 고려하여 조정하기 위해서다. 조정된 서열에 대해 한 순번 당 가죽사양은 5대 이하로 묶음을 구성하고 일반사양은 20대 이하로 묶음을 적용시켜 서열을 분리시킨다. 이 또한 작업성 때문인데 가죽 사양 5대를 연속적으로 작업하면 손에 무리가 올수 있기 때문에 가죽 사양 5대 이후에는 천 사양이 올 수 있도록 구성한다. 천 사양을 20대 이하로 편성하는 이유는 한 사양을 지속적으로 생산하게 되면 작업자가 사양정보에 무뎌져서 품질 이종의 가능성이 높아지기 때문이다. 그리고 작업된 서열에 대해 차종별 묶음조건을 적용하여 차종별로 정렬시킨다. 예를 들어 RB, MC 차종을 동시에 생산하는 혼류라인인 경우에는 RB를 연속적으로 배정한 후 MC를 배정한다. 이 조건은 SUB-ASS'Y 조립을 위한 자재서열을 준비하는데 있어서 작업성을 고려한 것이다. 동일 차종 안에서 소량정렬을 통해 3대 미만은 2T 물량의 제일 앞 순번에 위치할 수 있도록 조정한다. 이 조건은 수량이 적은 물량이 동일 시간대에 마지막 서열로 구성될 경우 재고가

부족하여 시간차 결품이 발생되어 긴급하게 의장 서열에 대응하는 것을 해소하기 위한 조건이다. 다음으로 동일 원단이나 칼라가 연속으로 배정되지 않도록 분리시키는데 이 경우에는 순간적인 착시 현상에 의해 이전 사양과 동일하다고 판단하여 작업함으로써 품질의 이종이 발생하게 된다. 각 라인별 예외 적용 프로세스는 서열 할당 시 조건을 고려하여 라인 배분한다.

서열정보 생성 프로세스에 의해 완료된 서열정보는 작업지시서로 구성되어 협력업체와 생산관리 그리고 자재서열에 정보를 제공하게 된다. 아래 <그림 15>에서 확정구분선택을 자동으로 설정해주면 서열정보 생성과 동시에 해당 업무 담당자에게 배포되지만 수동으로 설정한 경우에는 서열정보만 생성되고 확정여부는 “N” 처리되어 서열 담당자가 서열를 수정한 후에 확정 처리하여 해당 업무 담당자에게 배포할 수 있도록 구성하였다.



<그림 15> 확정 구분 설정

7) 주요 화면 현황

본 절에서는 실시간 서열 화면 중에서 PAINT IN 정보 조회, 부품 서열 집계표(종합), 관리 사양 편집, 2시간 작업지시서, 4시간 작업지시서, TRIM IN 정보에 대한 화면을 살펴보기로 한다.

가) PAINT IN 정보 조회

아래 <그림 16>은 PAINT IN 정보에 대한 화면으로 이정보를 2시간 단위로 묶어서 협력업체 작업지시를 배포하는데 사용되어진다. 이 화면상으로는 19시 30분 까지 취합된 PAINT IN 정보에 대해 서열정보를 생성한 것이다.

순번	보상	PAINT IN 일시	완성품사양	작업지시번호	임시차대번호	지역	CVR재질	트림	칼라	도어
1059	P/I	2013-04-11 오후 7:36:37	A57D		A5A 104484	일반	SGA	GLS	VYF	5 DR
1058	P/I	2013-04-11 오후 7:35:58	A90K		A5A 104617	캐나다	SGD	GLS	RY	5 DR
1057	P/I	2013-04-11 오후 7:35:20	119H		SDF 849613	일반	NAU	GL	YDA	4 DR
1056	P/I	2013-04-11 오후 7:34:41	215F		SDF 849612	내수	PDA	GL	RY	4 DR
1055	P/I	2013-04-11 오후 7:34:02	221F		SDF 849611	내수	PDA	GLS	RY	4 DR
1054	P/I	2013-04-11 오후 7:33:21	107H		SDF 849610	일반	NAS	GL	RY	4 DR
1053	P/I	2013-04-11 오후 7:32:44	161H		SDF 849609	일반	PBU	GLS	YDA	4 DR
1052	P/I	2013-04-11 오후 7:32:04	119H		SDF 849608	일반	NAU	GL	YDA	4 DR
1051	P/I	2013-04-11 오후 7:31:24	A90K		A5A 104619	캐나다	SGD	GLS	RY	5 DR
1050	P/I	2013-04-11 오후 7:30:46	A57D		A5A 103867	일반	SGA	GLS	VYF	5 DR
1049	P/I	2013-04-11 오후 7:30:06	221F		SDF 849607	내수	PDA	GLS	RY	4 DR
1048	P/I	2013-04-11 오후 7:29:29	215F	20130411-19H	SDF 849606	내수	PDA	GL	RY	4 DR
1047	P/I	2013-04-11 오후 7:28:48	358H	20130411-022	SDF 849605	일반	PBK	GLS	RY	4 DR
1046	P/I	2013-04-11 오후 7:28:10	211F	20130411-19H	SDF 849604	내수	NAS	GL	RY	4 DR
1045	P/I	2013-04-11 오후 7:27:31	161H	20130411-19H	SDF 849603	일반	PBU	GLS	YDA	4 DR
1044	P/I	2013-04-11 오후 7:26:50	460K	20130411-024	SDF 849602	미국	PBU	GLS	YDA	4 DR
1043	P/I	2013-04-11 오후 7:26:12	A90K	20130411-19H	A5A 103872	캐나다	SGD	GLS	RY	5 DR
1042	P/I	2013-04-11 오후 7:25:34	A50H	20130411-19H	A5A 103868	호주	SGD	GL	RY	5 DR
1041	P/I	2013-04-11 오후 7:24:46	119H	20130411-19H	SDF 849601	일반	NAU	GL	YDA	4 DR
1040	P/I	2013-04-11 오후 7:24:12	215F	20130411-19H	SDF 849600	내수	PDA	GL	RY	4 DR

<그림 16> PAINT IN 정보 조회

나) 부품서열 집계표(종합)

아래 <그림 17>은 부품서열 집계표(종합)에 대한 화면으로 매일 08:00 기준으로 완성차에서 제공 되어지는 SAMFILE을 변환하여 데이터베이스에 저장시킨 데이터를 조회한 것이다. 이 부품 서열 집계표는 서열 생성 시 부족한 오더에 대해 파레토 기법을 적용하여 추가오더를 편성하는 기준자료로 활용되어진다.

부품서열 집계표(종합)

검색 엑셀

공장선택	3 공장	라인		차종	전체
일자	2013-04-11	완성품사양			
옵션코드1	선택안함 / 선택안함	옵션코드2	선택안함 / 선택안함	옵션코드3	선택안함 / 선택안함
옵션코드4	선택안함 / 선택안함	옵션코드5	선택안함 / 선택안함	옵션코드6	선택안함 / 선택안함

CODE	CVR	칼라	재질	지역	D-1	PBS	PRJ	WBS	D	D+1	D+2	D+3	D+4	D+5	D+6	D+7	D+8	D+9	D+10	D+11	D+12	RM	합계	MIT	LC (O)	LC (X)
107H	NAS	RY	천	일반	4	0	0	0	6	14	0	0	4	3	74	16	23	0	0	10	90	0	240	0	778	843
108H	NAS	RY	천	일반	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	0	6	0	10	7
110K	NAS	RY	천	호주	0	0	0	0	0	17	0	0	19	22	34	36	31	0	0	36	36	0	231	0	392	15
111J	NAS	RY	천	유럽	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	50
112H	NAT	RAS	천	일반	3	0	0	0	4	48	0	0	35	48	182	230	26	0	0	12	28	0	613	0	543	595
112J	NAS	RY	천	유럽	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	0
114J	NAS	RY	천	유럽	27	0	0	0	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	0	16	22
115J	NAS	RY	천	유럽	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	0
117J	NAT	RAS	천	유럽	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
119H	NAU	YDA	천	일반	61	3	0	2	52	193	0	0	247	301	107	36	196	0	0	196	110	0	1443	0	1752	5359
120H	NAU	YDA	천	일반	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
123H	NAS	RY	천	일반	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	17	12
127H	NAT	RAS	천	일반	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3	3
128J	NAU	YDA	천	유럽	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
129K	PBK	RY	천	호주	0	0	0	0	0	15	0	0	12	11	0	0	0	0	0	4	4	0	46	0	38	0
합계					1489	71	5	69	1513	1513	0	0	1513	1513	1513	1513	1513	0	0	1513	1108	28	13357	14	22405	14828

<그림 17> 부품서열 집계표(종합)

다) 관리 사양 관리

<그림 18>은 관리 사양에 대한 화면으로 08:00시에 수신된 부품서열 집계표를 참조하여 매일 구성한다. 이 관리사양에 대해 D+1까지 량이 소진되게 되면 추가 오더는 더 이상 추가되지 않는다.

관리 사양 편집

검색 수정

공장선택 3 공장

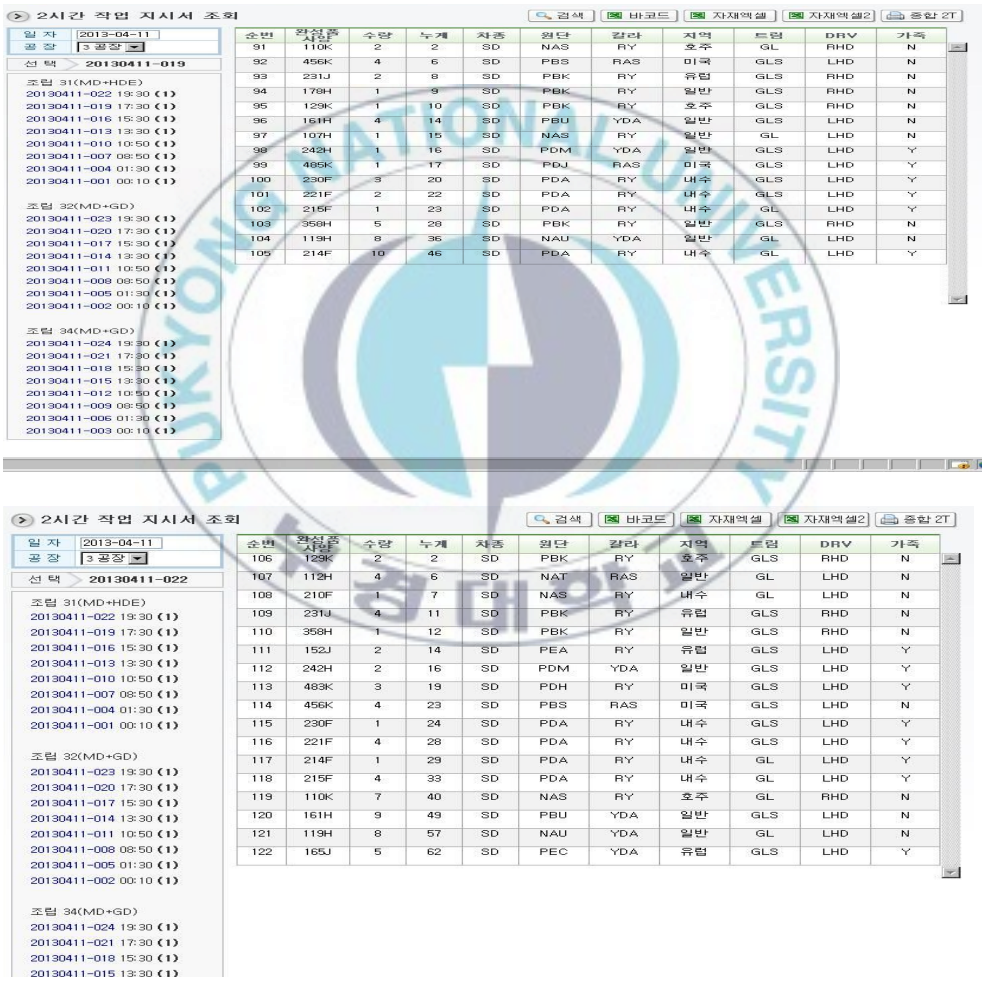
순번	완성품사양	완성품사양명	퍼센트(%)	차종	종류	난이도	칼라	재질	삽입/삭제
1	231J	SD 유럽 GLS RHD	3	SD	PBK	B	RY	천	
2	112H	SD 일반/중동 GL LHD	3	SD	NAT	B	RAS	천	
3	221F	SD 내수 GLS LHD	3	SD	PDA	B	RY	가죽	
4	A90K	GD_캐나다/미국_GLS_LHD_S	3	A5	SGD	B	RY	천	
5	A52K	GD_캐나다/미국_GL_LHD_SG	3	A5	SGD	B	RY	천	
6	A70K	GD_캐나다/미국_GLS_LHD_S	2	A5	SGH	H	RY	가죽	
7	A50H	GD_호주_GL_RHD_SGD	2	A5	SGD	B	RY	천	
8	161H	SD 일반/중동 GLS LHD	2	SD	PBU	B	YDA	천	
9	119H	SD 일반/중동 GL LHD	2	SD	NAU	B	YDA	천	
10	215F	SD 내수 GL LHD	1	SD	PDA	B	RY	가죽	
11									
12									
13									
14									
15									
16									

<그림 18> 관리 사양 관리

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

라) 2시간 작업지시서(협력업체)

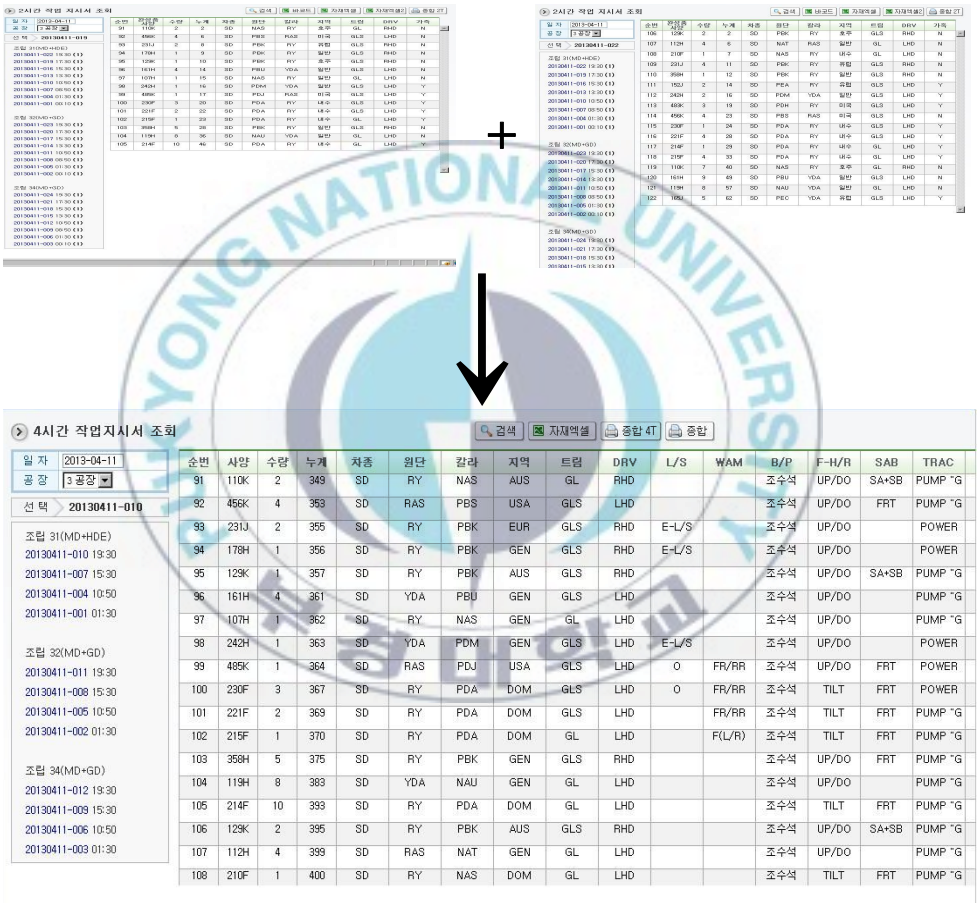
아래 <그림 19>는 시트 조립 라인보다 협력업체에 2시간 전에 서열을 제공해 주기 위한 목적으로 생성된 협력업체용 작업지시서이다. 이 작업지시를 Web으로 협력업체에 제공하여 부품 조달 계획을 수립할 수 있도록 지원한다.



<그림 19> 2시간 작업지시서

마) 4시간 작업지시서(조립)

아래 <그림 20>은 4시간 작업지시서에 대한 화면으로 협력업체 2시간 작업지시서 “20130411-019” 과 “20130411-022” 이 합쳐져서 조립라인의 작업 지시서가 생성되어 현장의 품질정보에 생산 서열로 반영되어 운영된다.

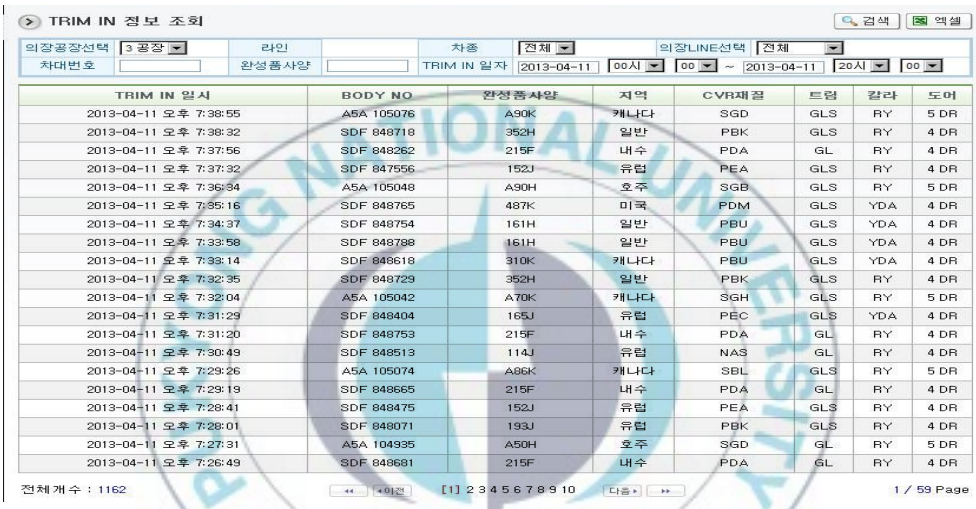


순번	사양	수량	누계	차종	원단	칼라	지역	트림	DRV	L/S	WAM	B/P	F-H/R	SAB	TRAC
91	110K	2	349	SD	RY	NAS	AUS	GL	RHD			조수석	UP/DO	SA+SB	PUMP ~G
92	456K	4	353	SD	RAS	PBS	USA	GLS	LHD			조수석	UP/DO	FRT	PUMP ~G
93	231J	2	355	SD	RY	PBK	EUR	GLS	RHD	E-L/S		조수석	UP/DO		POWER
94	178H	1	356	SD	RY	PBK	GEN	GLS	RHD	E-L/S		조수석	UP/DO		POWER
95	129K	1	357	SD	RY	PBK	AUS	GLS	RHD			조수석	UP/DO	SA+SB	PUMP ~G
96	161H	4	361	SD	YDA	PBU	GEN	GLS	LHD			조수석	UP/DO		PUMP ~G
97	107H	1	362	SD	RY	NAS	GEN	GL	LHD			조수석	UP/DO		PUMP ~G
98	242H	1	363	SD	YDA	PDM	GEN	GLS	LHD	E-L/S		조수석	UP/DO		POWER
99	485K	1	364	SD	RAS	PDJ	USA	GLS	LHD	O	FR/RR	조수석	UP/DO	FRT	POWER
100	230F	3	367	SD	RY	PDA	DOM	GLS	LHD	O	FR/RR	조수석	TILT	FRT	POWER
101	221F	2	369	SD	RY	PDA	DOM	GLS	LHD		FR/RR	조수석	TILT	FRT	PUMP ~G
102	215F	1	370	SD	RY	PDA	DOM	GL	LHD		F(L/R)	조수석	TILT	FRT	PUMP ~G
103	358H	5	375	SD	RY	PBK	GEN	GLS	RHD			조수석	UP/DO	FRT	PUMP ~G
104	119H	8	383	SD	YDA	NAU	GEN	GL	LHD			조수석	UP/DO		PUMP ~G
105	214F	10	393	SD	RY	PDA	DOM	GL	LHD			조수석	TILT	FRT	PUMP ~G
106	129K	2	395	SD	RY	PBK	AUS	GLS	RHD			조수석	UP/DO	SA+SB	PUMP ~G
107	112H	4	399	SD	RAS	NAT	GEN	GL	LHD			조수석	UP/DO		PUMP ~G
108	210F	1	400	SD	RY	NAS	DOM	GL	LHD			조수석	TILT	FRT	PUMP ~G

<그림 20> 4시간 작업지시서

바) TRIM IN 정보

<그림 21>은 TRIM IN 정보에 대한 화면으로 완성차에서 조립라인에 투입되는 시점에 정보를 제공한다. TRIM IN 정보 제공 후 3 시간 이내에 완성차 조립라인에 라인 사이드 재고로 적재되어야 한다. TRIM IN 정보 수신 후 4시간 이내에 완성차에 장착되어진다.



TRIM IN 정보 조회

검색 엑셀

의장공장선택: 3 공장 | 라인 | 차종: 전체 | 의장LINE선택: 전체

차대번호 | 완성품사양 | TRIM IN 일자: 2013-04-11 00시 00 ~ 2013-04-11 20시 00

TRIM IN 일시	BODY NO	완성품사양	지역	CVR재질	트림	칼라	도어
2013-04-11 오후 7:38:55	A5A 105076	A90K	캐나다	SGD	GLS	RY	5 DR
2013-04-11 오후 7:38:32	SDF 848718	352H	일반	PBK	GLS	RY	4 DR
2013-04-11 오후 7:37:56	SDF 848262	215F	내수	PDA	GL	RY	4 DR
2013-04-11 오후 7:37:32	SDF 847556	152J	유럽	PEA	GLS	RY	4 DR
2013-04-11 오후 7:36:34	A5A 105048	A90H	호주	SGB	GLS	RY	5 DR
2013-04-11 오후 7:35:16	SDF 848765	487K	미국	PDM	GLS	YDA	4 DR
2013-04-11 오후 7:34:37	SDF 848754	161H	일반	PBU	GLS	YDA	4 DR
2013-04-11 오후 7:33:58	SDF 848788	161H	일반	PBU	GLS	YDA	4 DR
2013-04-11 오후 7:33:14	SDF 848618	310K	캐나다	PBU	GLS	YDA	4 DR
2013-04-11 오후 7:32:35	SDF 848729	352H	일반	PBK	GLS	RY	4 DR
2013-04-11 오후 7:32:04	A5A 105042	A70K	캐나다	SGH	GLS	RY	5 DR
2013-04-11 오후 7:31:29	SDF 848404	165J	유럽	PEC	GLS	YDA	4 DR
2013-04-11 오후 7:31:20	SDF 848753	215F	내수	PDA	GL	RY	4 DR
2013-04-11 오후 7:30:49	SDF 848513	114J	유럽	NAS	GL	RY	4 DR
2013-04-11 오후 7:29:26	A5A 105074	A86K	캐나다	SBL	GLS	RY	5 DR
2013-04-11 오후 7:29:19	SDF 848665	215F	내수	PDA	GL	RY	4 DR
2013-04-11 오후 7:28:41	SDF 848475	152J	유럽	PEA	GLS	RY	4 DR
2013-04-11 오후 7:28:01	SDF 848071	193J	유럽	PBK	GLS	RY	4 DR
2013-04-11 오후 7:27:31	A5A 104935	A50H	호주	SGD	GL	RY	5 DR
2013-04-11 오후 7:26:49	SDF 848681	215F	내수	PDA	GL	RY	4 DR

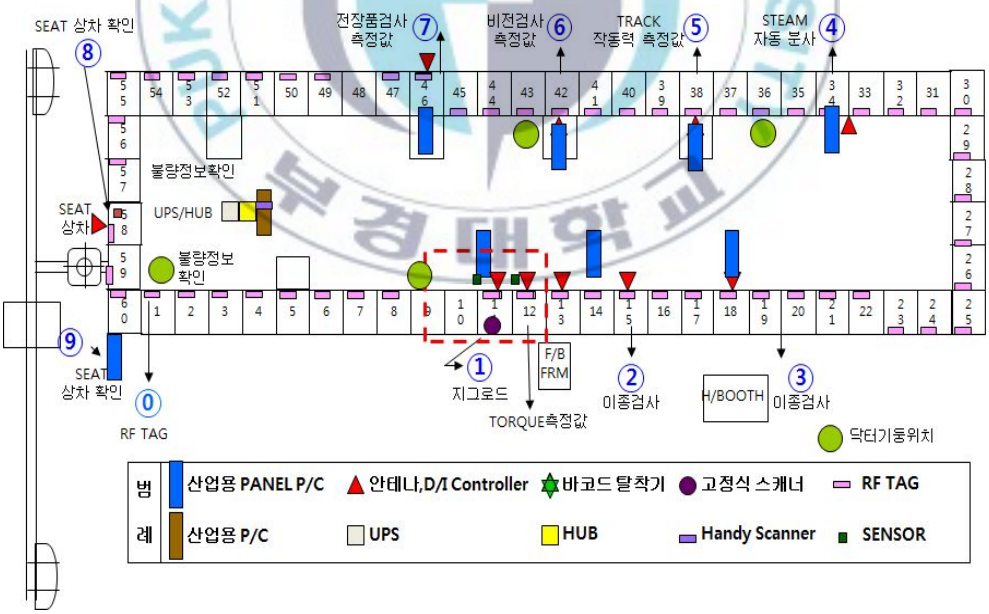
전체개수 : 1162 | 이전 [1] 2 3 4 5 6 7 8 9 10 다음 | 1 / 59 Page

<그림 21> TRIM IN 정보조회

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY 부경대학교

4.4.2 품질정보관리

RFID 기반의 품질정보관리 시스템은 지그라인과 컨베어라인이 혼용되어지는 라인에서 RFID를 활용하여 생산현장의 각종 검사장비와 ROBOT 그리고 PLC로부터 품질정보와 검사 제어를 위한 정보를 실시간으로 수집 및 가공하여 데이터베이스에 저장하는 시스템이다. 실시간 서열정보를 현장의 공정 단말기에 표기하여 생산 작업자가 생산 시 사양의 조립정보를 확인한 후 작업을 진행함으로써 품질의 이종을 미연에 방지 할 수 있다. RF TAG 정보를 읽어 스팀, 히팅, 시트상차 등의 ROBOT를 제어하여 공정을 수행하고 각종 검사장비에 사양정보를 제공하여 검사 할 수 있도록 지원한다. 라인의 구성은 아래 <그림 22>와 같이 구성되어진다.



<그림 22> 라인 구성도

1) RF 장비

현장 지그라인에 설치되어 있는 RF 장비는 자동차 완성업체 및 1차 협력업체의 공정관리용으로 주로 사용되는 산업용 리더로서 안정성이 및 내구성이 매우 뛰어난 EMS 제품으로 구성했다. 아래 <표 6> 과 <표 7> 에 사양서를 간략하게 정의하였다.

<표 6> RF ANTENNA

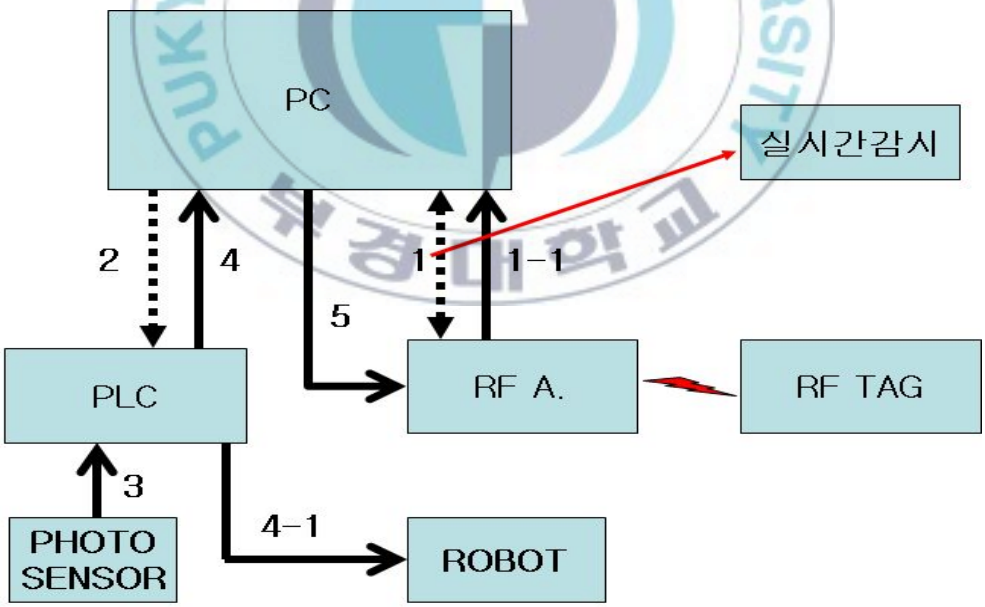
	모델명	EMS C0405-232-01
	동작주파수	13.56 MHZ
	인터페이스	RS232
	크기(가로*세로*높이)	40mm*24mm*56mm
	작동 온도 범위	-20℃ - 49℃
	입력 전압	10 - 30 V
	전원	2.4 W
	인식거리	2 - 9 cm

<표 7> RF TAG

	모델명	EMS HF-250S
	동작주파수	13.56 MHZ
	메모리 사이즈	112 Bytes
	크기(가로*세로*높이)	51mm*51mm*6.5mm
	작동 온도 범위	-55℃ - 140℃
	쓰기 내구성	100,000

2) 프로그램 구동 원리

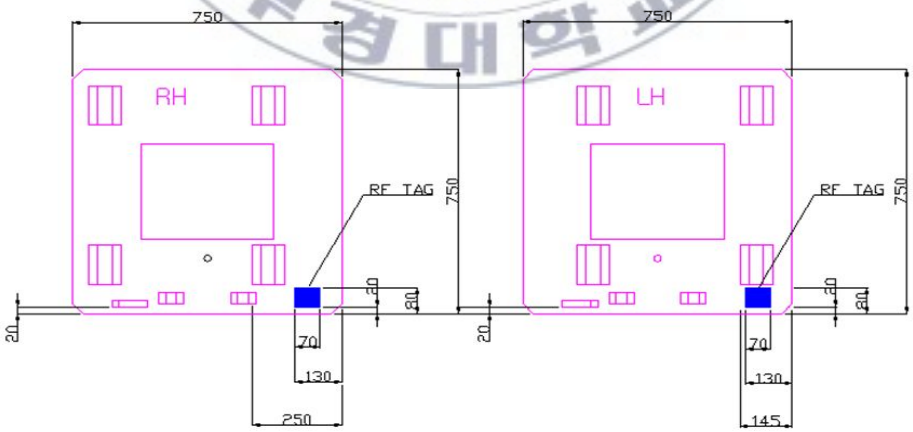
지그라인에 설치되어 있는 시스템을 기준으로 RF의 구동원리를 <그림 23>을 통해 설명하고자 한다. 현장 산업용 단말기에 RS232C 시리얼 방식으로 연결되어진 RF ANTENNA가 지그에 부착되어진 TAG를 실시간으로 감지하고 TAG가 인식되면 산업용 단말기의 운영 프로그램에서 TAG 인식 신호를 받아 PLC의 메모리를 체크한다. 지그 진입 시 포토센서에 의해 시트 프레임이 감지되어지면 PLC의 특정 메모리에 상태 값을 "1" 로 세팅시켜주고 5초 후 PLC에서 자동으로 "0"으로 초기화 시켜준다. 지그가 진입되었고 시트프레임이 감지되면 실시간 서열정보에서 내려 받은 서열을 RF TAG에 기록 시켜 정보를 저장하고 데이터베이스에도 서열정보가 TAG에 기록되어진 상태를 관리하여 다음 서열을 기록할 준비를 한다.



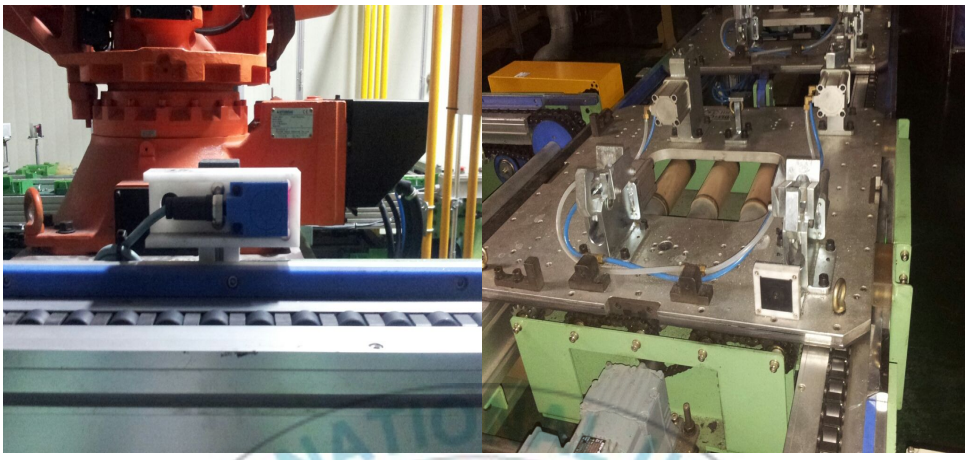
<그림 23> 프로그램 구동 원리

3) RF TAG 부착위치

시트의 지그는 FRONT 라인의 경우 기본적으로 RH(보조석 시트), LH(운전석 시트) 가 연속해서 운영되어지는 구조다. 다시 말해 RH, LH, RH, LH 순으로 연속적으로 운영되어진다. RF ANTENNA는 라인에 고정되어 있는 구조이므로 안정적인 읽기, 쓰기를 위해서 지그상의 TAG 위치가 중요하다. 지그는 RH, LH 구조가 차이가 있고 각종 검사장비와의 연결선도 고려해야 되며 로보트 작동 시 장애가 발행하지 않는 위치를 선정해야 된다. 또한 지그라인의 특성상 회전 또는 TILT'G 시 그리고 상단부가 아닌 라인 밑으로 이동시에도 다른 기계장치와 충돌이 발생하지 않는 위치를 선정하여야 한다. 아래 <그림 24> 을 보면 뒷면에서 1 CM 안으로 들어오게 설치하여 TAG에 읽기, 쓰기 처리 시 RF ANTENNA와의 간격을 1-2 CM 거리를 유지할 수 있도록 구성하여 처리 정확성을 제고시켰다. 그리고 우측에서 6 CM 간격을 주어 시트의 장착 지점에 장애가 가지 않는 위치에 고정시켰다. <그림 25>는 실제 TAG와 ANTENNA가 부착되어 있는 그림이다.



<그림 24> RF TAG 부착위치



<그림 25> RF TAG / ANTENNA 설치

4) RF TAG 정보

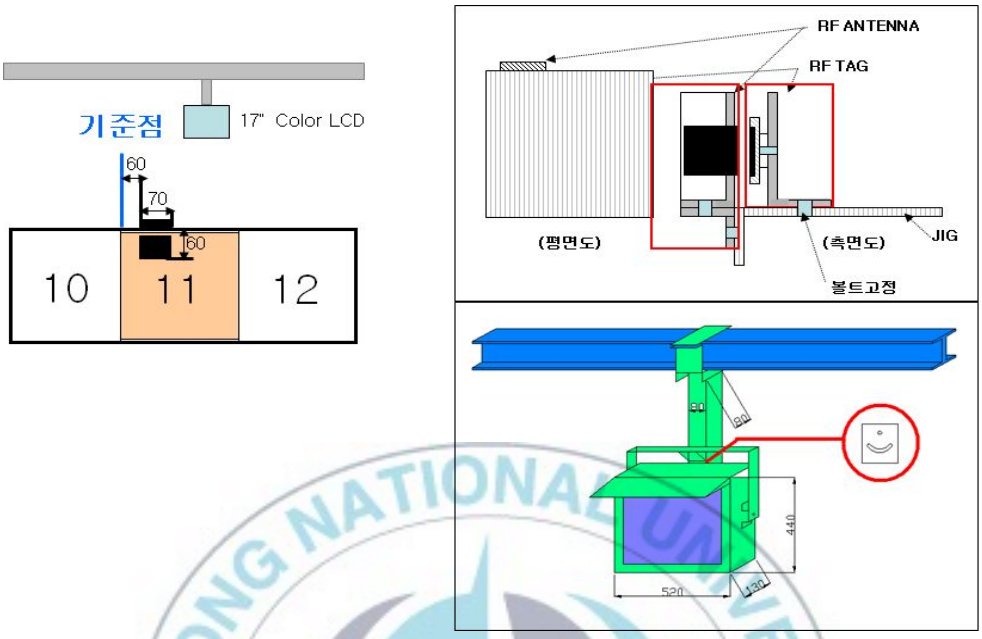
아래 <표 8>은 RF TAG 정보를 정리한 것이다. RF를 이용한 품질정보 시스템에서 시스템 구축 시 제일 먼저 고려되어 져야할 사항이다. RF 정보를 어떻게 구성하느냐에 따라 각 공정별 산업용 단말기와 검사장비 및 로봇과의 통신이 결정되기 때문에 여러 가지 조건들을 고려하여 구성하여야 한다. TAG 번호는 실제 라인에 설치되어 운영될 경우 RF의 수명관리 용도로 사용되어지고 시트고유번호의 경우는 시트에 부여되어진 유일한 번호이며 모든 품질정보를 수집함에 있어서 기준정보로 활용되어진다. 사양코드, 차종, 시트위치, 운전석은 사양에 대한 기본적인 정보로서 관리되어 지며 나머지 항목들은 사양에 대한 옵션코드의 값들로 구성되어져 있다. 이러한 정보들을 조합하여 로봇 또는 검사장비에서 요구하는 정보를 전달하고 결과값으로 품질정보를 수신하여 데이터베이스에서 관리한다.

<표 8> RF TAG 정보

구분	자리수	정보
TAG번호	10	31FRH01
시트고유번호	10	1F01243996
사양코드	4	A52N
차종	2	JK
시트위치	2	LH/RH
SBR	1	Y/N
지역	2	K1 ~ K9
운전석	3	LHD/RHD
버클 L	1	3
버클 R	1	4
히터	1	1
TR	1	X
STP	1	X
SAB	1	1
POWER	1	6
POP	1	X

5) 지그 로드 공정 설치

지그 로드 공정은 현장 작업용으로 배포되어진 서열정보를 유일한 시트ID로 변환하여 RF-TAG에 정보를 쓰는 공정이다. RF 쓰기가 실패할 경우 서열이 밀리는 현상이 발생하여 공정 진행 중 검사장비나 로봇과 충돌이 발생할 수 있기 때문에 지그로드 공정은 이중 구조로 구성했다. 만약 11번 공정에서 TAG 쓰기가 실패해도 12번 공정에서 재확인하여 실패한 RF-TAG에 대해서 다시 쓰기를 시도한다. 아래 <그림 26>에서처럼 RF-ANTENNA 와 RF-TAG의 간격은 2 CM를 넘지 않도록 구성하였고 사양정보를 보여주는 현장 단말기는 작업자의 눈높이와 작업 이동 동선에 방해가 되지 않도록 상단의 H빔에 고정하여 화면의 각도를 조정 할 수 있도록 구성하였다.



<그림 26> 지그 로드 설치 화면

6) 상차 공정

이재 로봇이 완성된 시트를 자동 창고 컨베어에 적재시키는 공정으로 상차된 FRONT 시트와 REAR 시트의 대표 바코드를 읽어 이종을 체크하여 정상인 경우에 자동창고에 입고 처리하는 공정이다. 대표바코드는 완성차에 납품을 하기 위해 고유번호를 사용한다. RF-TAG의 비용이 바코드 라벨보다 고비용이기 때문에 생산이 완료된 시점에서 대표바코드를 부여하여 품질정보와 매칭 시켜서 데이터베이스에서 관리한다. 아래 <그림 27> 은 상차공정의 산업용 단말기에 나타나는 화면이다.

상차 자 동
3/12(화) 오후 7:36:16
사양 서열 수량 FR 백타입 H/R SIDE
230F 53 5 5 LHD X
A80A 54 1 3 LHD B X
R-BARCODE NO F-BARCODE NO
230FA1NTE77 230FA1NTE77
A80AA1NTKE7
A80AA1NTKF7
A80AA1NTKG7
230FA1NTKH7
내수 GLS
A80AA 1
NTKE7

<그림 27 상차 화면>

V. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 자동차 산업의 완성차 업체와 협력업체 간의 상생경영이 화두로 되어 지고 있는 현 시점에서 업체 간 생산 모듈에 대한 협력체제가 어떻게 구현되어야 무한 경쟁에서 살아남을 수 있는가를 제시하였다. 완성차 공장의 의장 서열에 종속적인 구조를 가지고 있는 시트를 생산하는 공장에서 의장 오더 부족현상에 따른 불안정한 조달 물량 불균형에 대응하기 위해 파레토 기법을 도입하여 안정적인 조달 물량 확보에 초점을 맞춰 실시간 서열시스템을 제안하였다. 물류 측면에서는 도장 공정의 PAINT IN 정보를 제공받아 조립 공정의 TRIM IN 정보를 수신하기까지 최소 8시간을 확보함으로써 작업 현장의 공정 시간을 여유있게 확보하였고, 협력업체 입장에서도 최소 6시간의 공정시간을 확보함으로써 유연하게 생산에 대응할 수 있게 하였다. 생산 계획 측면에서는 완성차 공장과 시트공장의 상이한 UPH로 인한 오더 부족현상에 대해서는 파레토 기법을 적용하여 D+1의 물량을 제공하여 조달 물량 불균형의 문제를 해결하였고 24시간 이내에 소진할 수 있는 사양에 대한 재고를 생산하여 창고의 재고를 최소화 하였다. 생산 공정 측면에서는 4시간의 시간 확보를 통한 자재 서열의 준비시간을 확보하여 품질 이종을 최소화 하였고, 실시간 서열을 제공받아 RFID 를 활용하여 품질정보를 수집할 수 있는 시스템을 제안하였다. 본 연구에서 제안한 파레토 기법을 활용한 실시간 서열시스템이 자동차 산업의 모든 협업체계에 타당성을 제공하지는 않겠지만 시, 공간적인 제약에 영향을 많이 받는 협력업체에 어떠한 정보를, 어떠한 시점에서 제공하는가에 따라 물류 측면에서나 생산 공정 측면에서 많은 변화를 가져올 수 있음을 제시하였다.

향후과제는 실시간 서열시스템이 협력업체의 단순 서열 제공이 아닌

실시간 생산계획으로 연계될 수 있는 시스템을 구축할 수 있도록 할 것이다.

PUKYONG NATIONAL UNIVERSITY
부경대학교

참고문헌

고후상, 이교일 (2004), “생산흐름 분석을 통한 자동차 조립공장의 협업 공정/자재 계획”, 한국자동차공학회, pp.1379-1384

권정희 (2005), “자동차산업 Lean SCM의 성공적인 모델 구축”, 학위논문.

김경훈, 황인걸, 박영진, 신현식, 정경훈, 공상훈, 이교일, 노상도 (2003), “Web기반 자동차 조립 공정계획 시스템”, 한국자동차공학회, pp.993-998

김영기 (2006), “RFID를 이용한 자동차부품업체의 SCM 강화방안”, 산업과 경영, 제19권, 제1호, pp.209-218.

남상엽 (2006), “RFID를 이용한 생산관리 시스템의 구현에 관한 연구”, 대한전자공학회, 제29권, 제1호, pp.811-812.

남상엽, 현택영, 박인정 (2006), “RFID를 이용한 생산관리 시스템의 구현에 관한 연구”, 대한전자공학회, 제29권, 제1호, pp. 916.

명세현, 이장원 (2002), “자동차 조립라인에서의 디지털 공정계획”, 한국자동차공학회, pp.1139-1144.

박창권, 한상덕 (2003), “시뮬레이션을 이용한 자동차 Front End Module 공급시스템 개선방안”, 한국경영과학회/대한산업공학회, pp.863-868.

손미애,김원,강성재 (2007), “RFID를 이용한 공정개선 방안-중소기업의 포장공정 사례 중심”, 한국시뮬레이션학회, 제16권, 제4호, pp.67-75.

신동목, 이창호, 이기우 (2000), “자동차 차체금형 가공용 공정계획 시스템”, 한국정밀공학회, 제17권, 제5호, pp.108-115

윤소영 (2007), “물류정보시스템에 있어서 RFID시스템의 도입방안에 관한 연구“, 부경대학교 석사논문

이승우 (2010), “MES를 위한 실시간 설비정보 수집시스템”, 한국정밀공학회,

pp.389-390.

이재경 (2011), “RFID를 활용한 생산현장정보 수집 시스템의 개발”, 한국생산제조시스템학회, pp.411-412

이준수, 김기성, 류재병, 오명현, 유태우, 정병호 (2005), “자동차부품 조달 공급망을 위한 e-SCM 시스템 구현”, 한국경영과학회/대한산업공학회, pp.72-79.

이청호, 이경호 (2004), “토요타생산시스템의 성공적 운영을 위한 전제조건”, 산업경제연구 제17권, 제5호, pp.1833-1853

장중순, 임석철, 박상철, 권세중, 윤철주 (2004), “조립 셀 생산기법을 적용한 자동차 조립라인 설계”, 대한산업공학과, pp.395-402

정명기 (2007), “모듈생산방식에 따른 부품조달체계 변화에 관한 연구”, 한독경상학회, 제25권, 제3호, pp.35-54.

정창호 (2009), “자동차 생산 기술의 발전과 미래”, 한국정밀공학회, 제26권, 제1호, pp.30-37

조성호 (2009), “실시간 정보획득을 통한 제조공정의 지속적인 개선방안연구”, 한국산업정보학회, 제14권, 제4호, pp.75-90.

하영훈, 우상복, 안현식, 한형상, 박영진 (2003), “자동차 생산계획 시스템에서 제약만족기법을 이용한 생산 시퀀스 모듈 구현”, IE Interfaces, 제16권 제3호, pp.360.

하영훈 (2003), “자동차 생산계획 시스템에서 제약만족기법을 이용한 생산 시퀀스 모듈 구현”, IE Interfaces, 제16권, 제3호, pp.352-361

황남성 (2008), “RFID를 활용한 기업의 생산성제고”, 대한기계학회, 제32권, 제11호, pp.1041-1046.

Bergen, M. E., Beek, P. V. and Carchrae, T, (2001). “*Constraint-based Vehicle Assembly Line Sequencing*”, Lecture Notes in Computer

Science 2056, pp.88-99.

Choi, W. J., Park, H. K. and Shin, H. O. (1996). "*Automation of Real-time-Production Sequencing System of an Automobile Assembly Line*", IE Interface 9-2, pp.47-59.

Choi, W. J. (1996). "*A Daily Production Sequencing system for the automobile assembly Plant*", IE Interface 9-2, pp.61-74.

Hanebeck, Hanns-Christian L. "Process Management and RFID", White paper of GloboeRanger, 2004.

Harmatuck, D.J. (1976). A comparison of two approaches to stock location, *Logistics and Transportation reviews*, 12(4), pp.282-284.

Heskett, J.L. (1963). Cube-per-order index - A key to warehouse stock location. *Transport and Distribution Management*, 3, pp.27 - 31.

Heskett, J.L. (1964). Putting the cube-per-order index to work in warehouse layout. *Transport and Distribution Management*, 4, pp.23 - 30.

Kallina, C. and Lynn, J. (1976). Application of the cube-per-order index rule for stock location in a distribution warehouse. *Interfaces*, 7(1), pp.37 - 46.

Kim, Y.M and Seo, Y.h (1996)., "*Grouping in a Mixed-model Assembly Line*", IE Interface 9-2, pp.39-45.

Koch, R. (2001), The 80/20 Principle: The Secret of Achieving More with Less, London, Nicholas Brealey Publishing.

Malmborg, C.J. and Bhaskaran, K. (1987). On the optimality of the cube per order index for conventional warehouses with dual command cycles. *Material Flow*, 4, pp.169 - 175.

Malmborg, C.J. and Bhaskaran, K. (1989). Optimal storage assignment policies for multiaddress warehousing systems. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 19(1), pp.197 - 204.

Malmborg, C.J. and Bhaskaran, K. (1990). A revised proof of optimality for the cube-per-order index rule for stored item location. *Applied Mathematical Modelling*, 14, pp.87 - 95.

Park, H. K., Choi, W. J. and Shin, H. O. (1996). "*Automation of Color IE Selection System in the Automobile Painting Shop*", IE Interface 9-2, pp.39-45.

Sipper, D. and Bulfin, R. L. (1997), *Production Planning, Control, and Integration*, McGraw-Hill Co, Inc.

Warwick, T. and Tsang, E. P. K. (1995). "*Tackling Car Sequencing Using a Generic Genetic Algorithm Strategy*", volutionary Computation 3-3, pp.267-298.